



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Mejora de Procesos para optimizar los volúmenes de obtención de glicerina y biodiésel en laboratorio a partir de aceite vegetal reciclado en la
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO – ATE, 2018.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR

Osorio Meniz, Marco Gerald

ASESOR


Dr. Albornoz Jiménez, Carlos

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y productiva

LIMA - PERÚ

2018

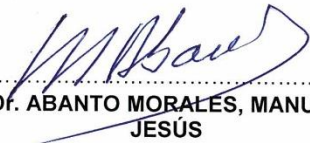
 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	---------------------------------------	---

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por **OSORIO MENIZ MARCO GERALD**, cuyo título es:

MEJORA DE PROCESOS PARA OPTIMIZAR LOS VOLÚMENES DE OBTENCIÓN DE GLICERINA Y BIODIÉSEL EN LABORATORIO A PARTIR DE ACEITE VEGETAL RECICLADO EN LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO – ATE, 2018.

Reunidos en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el/los estudiante (s), otorgándole el calificativo de: 13.....(números)
trece.....(letras)

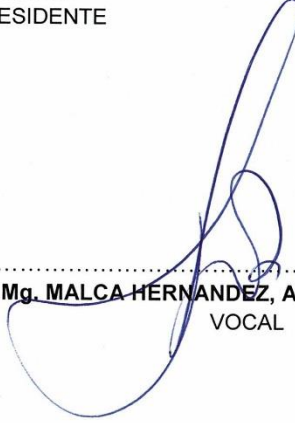
Lima, 23 de julio de 2018



DR. ABANTO MORALES, MANUEL
JESÚS
 PRESIDENTE



Mg. VIDAL RISCHMOLLER, JULIO
CÉSAR
 SECRETARIO



Mg. MALCA HERNANDEZ, ALEXANDER DAVID
 VOCAL

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi familia en especial a mi madre y hermanos por ser la base para construir mi vida profesional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la universidad CESAR VALLEJO sede – ATE, y a sus profesores, del mismo modo a los profesores de la UNAM, porque sin el apoyo de todos ellos, no hubiese sido posible la realización de este trabajo.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo OSORIO MENIZ MARCO GERALD con DNI N° 71032501, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, declaro bajo juramento que toda documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por la cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima 23 de julio del 2018



FIRMA

Osorio Meníz, Marco Gerald
DNI 71032501

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “MEJORA DE PROCESOS PARA OPTIMIZAR LOS VOLÚMENES DE OBTENCIÓN DE GLICERINA Y BIODIESEL EN LABORATORIO A PARTIR DE ACEITE VEGETAL RECICLADO, EN LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO – ATE, 2018”, la misma que someto a vuestra consideración y espero cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el Título Profesional de Ingeniero Industrial.

Osorio Meníz Marco Gerald

GENERALIDADES

Título:

Mejora de Procesos para optimizar los volúmenes de obtención de glicerina y biodiesel en laboratorio a partir de aceite vegetal reciclado, en la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO sede – ATE, 2018

Autor:

Osorio Meníz, Marco Gerald

Asesor:

Dr. Albornoz Jiménez, Carlos

Tipo de Investigación:

Enfoque: Cuantitativo

Diseño: Experimental

Tipo de estudio: Aplicado

Línea de investigación:

Sistema de Gestión Empresarial y Productiva

Localidad:

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO sede – ATE 2018

Duración de la investigación:

Enero del 2018 a Julio 2018

INDICE

PÁGINA DEL JURADO	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS	IV
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	V
PRESENTACIÓN	VI
GENERALIDADES	VII
INDICE.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
I. INTRODUCCIÓN	15
1.1 Realidad problemática.....	15
1.2 Trabajos previos.....	18
1.3 Teorías relacionadas al tema	22
1.4 Formulación del problema	28
1.5 Justificación del estudio	28
1.6 Hipótesis	30
1.7 Objetivos	30
II. MÉTODO	32
2.1 Diseño de investigación.....	33
2.2 Variable y operacionalización	33
2.3 Población y muestra	35
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	35
2.5 Métodos de análisis de datos	36
2.6 Aspectos éticos.....	49
III. RESULTADOS	50
IV. DISCUSIÓN	63
V. CONCLUSIONES	65
VI. RECOMENDACIONES	67
VII. REFERENCIAS.....	69

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. El método catalítico alcalino y el método de metanol supercrítico.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 2. Operacionalización de la variable e indicadores y la escala de medición.</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 3. Caracterización de la muestra problema y su comparación con otros aceites reportados en la literatura.</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 4. Condiciones de reacción por Transesterificación en laboratorio.</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 5. Materiales de laboratorio.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 6. Estándares internacionales vigentes para el control de calidad de biodiésel.</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 7. Parámetros y especificaciones de calidad para biodiésel B100, según la ASTM D 6751-08 y EN 14214.</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 8. Norma de calidad ASTM D 975 para diésel comercial</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 9. Matriz de diseño experimental para un sistema factorial 2³.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 10. Factores de las variables.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 11. Significancia de las variables.</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 13. Análisis de hidróxido de sodio:.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 14. Análisis por parejas de ensayos NaOH:</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 15. Análisis de Metanol:.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 16. Análisis por parejas de ensayos Metanol:.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 17. Análisis de Temperatura:</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 18. Análisis por parejas de ensayos Temperatura:</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 20. Factores de las variables.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 21. Significancia de las variables.</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 23. Análisis de hidróxido de sodio:.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 24. Análisis por parejas de ensayos NaOH:</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 25. Análisis de Metanol:.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 26. Análisis por parejas de ensayos Metanol:.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 27. Análisis de Temperatura:</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 28. Análisis por parejas de ensayos Temperatura:</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 29. Análisis de las tres variables:</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 12 Prueba de igualdad para glicerina.....</i>	<i>77</i>

<i>Tabla 19. Optimización de procesos.....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 22. Prueba de igualdad para biodiesel</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 30. Optimización de procesos.....</i>	<i>80</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Reacción de Transesterificación:</i>	<i>25</i>
<i>Figura 2. Reacciones sucesiva de Transesterificación:.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 3. Reacción de Transesterificación por catálisis ácida:</i>	<i>26</i>
<i>Figura 4. Reacción de esterificación por catálisis ácida:</i>	<i>27</i>
<i>Figura 5. Mecanismo de reacción de Transesterificación por catálisis alcalina:</i>	<i>27</i>
<i>Figura 6. Diagrama de bloques del proceso de preparación del AVR.</i>	<i>36</i>
<i>Figura 7. Aceite Vegetal Reciclado (AVR).....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 8. Proceso de colado.</i>	<i>37</i>
<i>Figura 9. Proceso de desgomado:</i>	<i>38</i>
<i>Figura 10. Esterificación acida de ácidos grasos libres de la muestra.</i>	<i>38</i>
<i>Figura 11. Proceso de filtrado:</i>	<i>39</i>
<i>Figura 12. Diagrama de procesos para obtener biodiésel y glicerina.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 13. Materiales de laboratorio.</i>	<i>41</i>
<i>Figura 14. Preparación del proceso y calibración de AVR.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 15. Preparación y calibración de METOXIDO.</i>	<i>43</i>
<i>Figura 16. Relación óptima según hipótesis.</i>	<i>43</i>
<i>Figura 17. Obtención de biodiesel y glicerina bajo la reacción de Transesterificación.</i>	<i>44</i>
<i>Figura 18. Separación de glicerina y biodiesel</i>	<i>44</i>
<i>Figura 19. Purificación.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 20. Secado de biodiesel</i>	<i>45</i>
<i>Figura 21. Obtención de Glicerina respecto a NaOH.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 22. Obtención de Glicerina respecto a Metanol</i>	<i>54</i>
<i>Figura 23. Obtención de Glicerina respecto a Temperatura</i>	<i>55</i>
<i>Figura 25. Mejora de procesos de obtención de glicerina</i>	<i>56</i>
<i>Figura 26. Obtención de Biodiesel respecto a NaOH.</i>	<i>59</i>

<i>Figura 27. Obtención de Biodiesel respecto a Metanol</i>	<i>60</i>
<i>Figura 28. Obtención de Biodiesel respecto a Temperatura</i>	<i>61</i>
<i>Figura 30. Análisis de dispersión versus el % de volumen del biodiesel</i>	<i>62</i>
<i>Figura 24. Análisis de Dispersión versus el % de volumen de la Glicerina.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 29. Análisis de dispersión versus el % de volumen del biodiesel</i>	<i>80</i>

RESUMEN

En esta investigación se realizó un estudio experimental, porque se buscaba evaluar el mejor proceso para la obtención de glicerina y biodiesel, logrando así la caracterización de la materia prima con una densidad del 0,95g/cm³ , una viscosidad absoluta de 0.412 g/cm s y 0.035 % de ácidos grasos libres que según norma nos facilitó el procedimiento a seguir.

Se realizó una Transesterificación bajo los siguientes parámetros 1% a 2% de NaOH, 10% a 30% de Metanol y a una temperatura de 90°C a 110°C obteniendo el mejor proceso en el ensayo cuatro que era la recuperación del 99% de los productos invertidos entre biodiesel y glicerina.

La eficiencia de la reacción viene a ser el porcentaje de conversión que nos da una idea de cuánto de aceite se ha podido convertir a biodiesel. En este caso la reacción fue sometida a 180 minutos usando el NaOH como catalizador y 30% de metanol, se obtuvo mayor porcentaje (50,29%) de conversión a biodiesel, por otro lado, cuando la reacción fue sometida para obtener glicerina a un tiempo de 180 minutos se obtuvo como menor porcentaje (49,71%) de conversión a glicerina usando NaOH como catalizador, y manteniendo el intervalo de temperatura a 90°C.

En los análisis realizados al biodiesel mejorando el proceso se obtuvo como resultado que se necesita el 1% del NaOH, el 30% de metanol y 90°C de temperatura ya sea para la densidad (obteniéndose 876.56 Kg/m³), índice de acidez (obteniéndose 0.035 mg KOH/g) y viscosidad (obteniéndose 2.52 cp) y en cuanto al tiempo de combustión (180 minutos) los parámetros antes mencionados se encuentran dentro o se aproximan a los valores establecidos por la norma internacional ASTM D 664, ASTM D 2709, ASTM D 4052.

Palabras claves. (AVR) aceite vegetal reciclado, biodiesel, glicerina y Transesterificación.

ABSTRACT

In this research, a pure experimental study was carried out, because the aim was to evaluate the best process for obtaining glycerin and biodiesel, thus achieving the characterization of the raw material with a density of 0.95 g / cm³, an absolute viscosity of 0.412 g / cm s and 0.035% of free fatty acids that according to the norm provided us with the procedure to follow. Transesterification was carried out under the following parameters: 1% to 2% NaOH, 10% to 30% methanol and at a temperature of 90 ° C to 110 ° C obtaining the best process in the four test which was the recovery of 99% de los inverted products between biodiesel and glycerin. The efficiency of the reaction is the conversion percentage that gives us an idea of how much oil has been converted to biodiesel. In this case the reaction was subjected to 180 minutes using NaOH as a catalyst and 30% methanol, a higher percentage (50.29%) of conversion to biodiesel was obtained, on the other hand, when the reaction was submitted to obtain glycerin at a time of 180 minutes was obtained as a lower percentage (49.71%) of conversion to glycerin using NaOH as catalyst, and maintaining the temperature range at 90 ° C. In the analyzes performed on biodiesel, improving the process, it was obtained that 1% of NaOH, 30% of methanol and 90 ° C of temperature are needed either for density (obtaining 876.56 Kg / m³), acidity index (obtaining 0.035 mg KOH / g) and viscosity (obtaining 2.52 cp) and in terms of combustion time (180 minutes) the aforementioned parameters are within or approaching the values established by the international standard ASTM D 664, ASTM D 2709, ASTM D 4052.

Palabras claves: biodiesel, glicerina, AVR (aceite vegetal reciclado)

I. INTRODUCCIÓN

1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA

1.1.1. COMBUSTIBLES FÓSILES:

“Alrededor del 35% de personas en los países emergentes, son discriminados en el uso de los servicios energéticos, dado que son de esencial vitalidad para sus actividades, calidad de vida, desarrollo y el progreso de la economía nacional [...]” (PNUD, UNDESA, WEC, 2004).

Dado este enfoque los servicios energéticos tiene influencia sobre la educación, salud, servicios domiciliarios como agua y luz, del mismo modo también interactúa con la inversión e ingresos en la industria, agricultura y el sector terciario, en este mundo globalizado estos servicios juegan un papel indispensable para el desarrollo.

“En nuestro contexto el principal factor del efecto invernadero son la emisión de gases como: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O), que se vierten en el ecosistema en porcentajes como 69%, 17% y 14% respectivamente” (CONAM, 2001).

No obstante, se observa que la contaminación es por el uso de combustibles fósiles en las diferentes industrias, aproximadamente llegan a ser casi el 45% de la contaminación total de nuestro país, de igual manera la influencia del mercado negro de aceites usados, que malversan este suministro en el uso industrial para el funcionamiento de maquinarias, “Se estima que para los años 2200 la temperatura se va a duplicar causando muchos cambios catastróficos para nuestros hemisferios. Así mismo el nivel de los océanos va subir en el mismo mar que se derriten los polos” (PNUD et al., 2004).

1.1.2. MERCADO NEGRO DE LOS ACEITES:

Más de 50.000 galones de aceite reciclado son emitidos por los establecimientos de comida. De estos el 80% es degradado al agua de consumo humano, para luego terminar en el mar peruano, no obstante el restante de este porcentaje es reutilizado para el consumo humano que futuramente producirá cáncer. “Cerca de 50.000 restaurantes formales funcionan en la capital [...]” (INEI, 2017, párr. 1). Con los informales, la cifra podría duplicarse.

Un establecimiento de comida emitir un promedio de 12 galones de aceite quemado, en otras palabras se podría expresar que nuestra ciudad capitalista produce diariamente en promedio 35.000 galones de este residuo.

“Se calcula que el 80% del aceite usado termina vertiéndose al desagüe [...]”

(SEDAPAL, 2017, párr. 2), afectando a nuestras lagunas capitalistas que subsidian de agua a lima, del mismo modo el filtraje de este residuo ocasiona mantenimientos extras a las maquinarias y si no se hacen este proceso el aceite flota encima del agua evitando que se oxigene. Según el jefe de Evaluación de Aguas Residuales de Sedapal “una vez por semana deben ir camiones a limpiar el aceite que flota en la superficie y otros residuos que, en total, pueden sumar 15 toneladas [...]” (SEDAPAL, 2017, párr. 3). El resto de los 80% que no termina en los desagües, asciende a 10.00 galones al día termina en manos de 250 familias de la capital. Su principal destino final es Cajamarquilla en Huachipa.

Según recopilación de los pobladores, este suministro se comercializa de dos formas. Por un lado, a los criaderos informales para el engorde de animales. Por otro lado a malversarios que los filtran, para venta del consumo humado sin control municipal.

“Según la Organismo Mundial de la Salud, consumir un aceite que posea más del 5% de acidez equivalente a haberlo usado más de tres o cuatro veces en una fritura es altamente cancerígeno [...]” (OMS, 2017, párr. 6). Al inicio del año el municipio de lima inspecciono y sanciono un aproximado de 40 locales por medidas sanitarias.

En síntesis, países industrializados con un desarrollo sostenible como Brasil, México, Colombia, y países europeos plantean los biocombustibles como una opción para minorar el deterioro del medio ambiente, realizando una industria del biodiésel; bioetanol; biogás, en forma paralela como un co-producto se plantea recuperar la glicerina como producto base para jabones y detergentes, esto se afirma según estimaciones de REBORN PERÚ S.A, una empresa peruana que convierte aceite de cocina usado en biodiésel a una pequeña escala. Por ello es una alternativa de investigación para poder obtener parámetros óptimos para la mayor producción de biodiesel y glicerina en un mismo proceso.

En la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO sede - ATE, existen establecimientos de comidas para los estudiantes, cabe citar que estas cocinas diariamente utilizan el aceite vegetal para la elaboración de sus platillos, mientras que sus residuos de este aceite vegetal usado sin ningún tratamiento son vertidos en el alcantarillado.

En la actualidad no se registra ningún control de residuos de estos establecimientos de

comida dentro de la universidad, del mismo modo no se conoce qué características tiene este residuo de aceite por ello no se aprovecha sus beneficios. Por ello se puede usar este suministro para obtener la glicerina y el biodiésel dentro de esta institución en el laboratorio de procesos industriales.

1.2 TRABAJOS PREVIOS

1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES:

En el artículo de LOH, CHOO, CHENG, MA (2006), titulado RECOVERY and conversion of palm olein derived used frying oil to methyl esters for biodiesel. [s.l.] Journal Oil Palm Research, 247-252, China. Sostienen que: Se estimó como objetivo recuperar y convertir los aceites usados de palma, para ello uso: Técnica: Transesterificación por catálisis alcalina con pretratamiento de silica gel; Descripción: El aceite comestible de desecho es pretratado con silica gel como absorbente para remover los ácidos grasos libres / transesterificación con metanol e hidróxido de sodio (NaOH) de catalizador; logrando como resultado un Rendimiento de biodiésel: 99% a 6 horas de reacción; Ventaja: Alto rendimiento de biodiesel; Desventaja: Involucra un proceso de 2 pasos, donde el costo de la producción aumenta (pp. 247-252).

Este trabajo servirá para sintetizar los beneficios del catalizador más accesible en el mercado para lograr un estándar óptimo para la obtención de biodiésel y de forma mancomunada realizar solo los procesos necesarios.

ZHENG, KATES, DUBE, MCLEAN (2006), titulado: Acid-catalyzed production of biodiesel from waste frying oil. [s.l.]: Biomass and Bioenergy 0961-9534, Vol. 30 N°3. 267-272, China Obtuvieron: se trazó como objetivo obtener biodiesel con aceite reciclado para ello uso: Técnica: Transesterificación por catálisis acida; Descripción: Reacción del aceite comestible de desecho y metanol, con ácido sulfúrico (H_2SO_4) de catalizador; logrando como resultado un Rendimiento de biodiésel: 99% a 4 horas de reacción; Ventaja: Alto rendimiento de biodiesel; Desventaja: La catálisis acida provoca corrosión en los equipos (pp. 267-272).

El siguiente trabajo nos ayudó a identificar los porcentajes de materia prima que se va a utilizar para la obtención del mejor parámetro de biodiésel.

En el artículo de WANG, OU, ZHANG (2007) titulado: ENERGY Conversion and Management. [s.l.] Preparation of biodiesel from waste cooking oil via two - step catalyzed process, 184-188. 48(1), China. Tuvo como objetivo la producción de biodiesel utilizando aceite residual de cocina a través de una catálisis doble para ello uso: Técnica: Transesterificación por catálisis alcalina; Descripción: Esterificación de ácido grasos libres y metanol con $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ como catalizador ácido / transesterificación con metanol y KOH de catalizador; logrando como resultado un Rendimiento de biodiésel: En promedio 97.02 % a 5 horas de reacción; Ventajas: Alto rendimiento de biodiesel y fácil recuperación de productos; Desventajas: Involucra un proceso de 2 pasos, donde el costo de la producción aumenta (pp. 184-188).

Esta investigación nos servirá para estimar los procesos óptimos y el porcentaje de recuperación de los componentes para lograr el mayor porcentaje de obtención de biodiésel y glicerina.

En el artículo de YAGIZ, KAZAN, AKIN (2007) titulada, Biodiesel production from waste oils by using lipase immobilized on hydrotalcite and zeolites. [s.l]: Chemical Engineering Journal 262-267, [Alemania], Se obtuvo: Consolidado como su objetivo la reutilización de aceites quemados para obtener biodiesel mediante un ácido y enzimas para ello uso: Técnica: Transesterificación por catálisis enzimática de lipasa; Descripción: Lipasa es soportada en hidrocalcita, la reacción se realiza a temperatura ambiente; logrando como resultado un Rendimiento de biodiésel: En promedio 95% a 105 horas de reacción; Ventajas: Reacción a temperatura ambiente; Desventajas: Alto tiempo de reacción que dificulta la producción a gran escala (pp. 262- 267).

Por ello este artículo nos ayudara a evaluar el mejor tiempo y presión que se requiere para optimizar el proceso, y la mejor técnica para la recuperación de los insumos.

POSADA Y CARDONA (2010), titulada: Análisis de la refinación de glicerina obtenida como coproducto en la producción de biodiésel. Bogotá, COLOMBIA, se logró. La refinación de glicerina como producto paralelo al proceso de elaboración de biodiésel, así mismo obteniendo tres productos identificados en el mercado tales como: glicerina

cruda, con una pureza de 80% a 88%; glicerina grado técnico, al 97%, y glicerina refinada, al 99,7%. Estos productos varían en la calidad por el agua que contienen, los ácidos grasos, esteres y otros agentes. La composición de la glicerina obtenida después del proceso y adicionada con sus esquemas convencionales de refinamiento nos dio la posibilidad de diseñar un proceso para su purificación, donde se recupera el exceso de metanol al 99% y libre de agua (p.25).

Gracias a esta investigación podremos definir qué tipo de glicerina se pueda obtener de acuerdo a un mercado establecido, y que características se puede brindar para obtener el mejor beneficio.

1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES:

BRUINSMA (2009) en su tesis titulada “Producción de biodiésel de palma aceitera y jatropha en la amazona del Perú y el impacto para la sostenibilidad. Tesis (ingeniería industrial), Open Universiteit Nederland Amazonas: Holanda y CONVEAGRO - Perú, plantea como objetivo: la elaboración de biocombustibles a partir de aceite de palma y jatropa mediante esterificación, logrando un resultado de recuperación de materia prima del 40%, a una temperatura del 70°C, en un tiempo determinado de 220 min. Durante el proceso se utiliza el aceite de palma o jatropha como materia prima y adicionando metanol y un catalizador logrando biodiésel y glicerina (pp. 144).

Apoyándonos en el autor la obtención de biodiésel del aceite de palma se encuentra en baja escala por la producción del insumo y la producción de biodiésel por parte de la jatropha no tiene lugar porque recién se está haciendo experimentos para su fecundación. La tesis nos ayudará a identificar los parámetros óptimos para obtener el biodiésel y que suministro usar.

GODINEZ, J. (2013) en su investigación, *Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de biodiésel a base de aceites usados en lima* (Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú) se propuso: La producción de biodiésel a escala industrial utilizando aceite doméstico quemado, [...] de la misma forma lograr la reacción química del proceso que se presenta a continuación: 1 triglicérido + 3 alcohol catalizar alcalino = 3 biodiesel + 1 glicerol; Obteniendo como

resultado 50% recuperación de materia prima, en un tiempo de 108 min, y un pH de 10 y teniendo varias limitaciones como la recolección del material, los ensayos son realizados en el extranjero con un costo de 17,000.00 soles, y no utiliza la glicerina como co-producto (pp. 44-45).

Por ello esta tesis nos ayudara a realizar un balance de materias que nos ayuda a proporcionar la recuperación de los insumos, a mismo incluir dentro del proceso la recuperación de la glicerina.

ARÉVALO Y TORRES (2016) en su tesis: *Obtención de jabón líquido usando aceite vegetal reciclado en la universidad nacional de la amazonia peruana – Iquitos* (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana) tuvo como objetivo: Brindar parámetros óptimos para la elaboración de jabón líquido, en donde, podemos observar que la corrida 6, en donde se trabajó con una proporción de aceite de coco/aceite reciclado de 10 %, exceso de KOH del 5% y temperatura de 90°C donde mostro los mejores resultados: 142,35 gramos de pasta jabonosa en cuanto, al tiempo de reacción y el pH. Con valores de 155 minutos y 11,08 respectivamente (pp. 6-8).

La investigación nos ayudara a identificar parámetros para los ensayos y una hipótesis previa, Del mismo modo nos ayuda a determinar las variables para obtener glicerina.

CASTRO, COELLO y CALLE (2004) en su tesis: *Opciones para la producción de biodiesel a pequeña escala en el Perú*. [En línea]. Universidad la Molina. concytec, [fecha de consulta: 03 de octubre de 2017]. Disponible en: http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/bioenergia/ITDG/Presentacion_Biodiesel2.pdf. , se trazó: Como objetivo evaluar diferentes insumos para la producción de biodiésel y dentro de ello también considero el aceite usado de cocina. Concluyendo con los siguientes resultados obtenidos del insumo UMARI, se recolectó la parte útil, que era la pulpa que tuvo un rendimiento del aceite teórico de 5,36% en un proceso de extracción (hervido), con una acides del aceite (g NaOH / lt aceite) de 2, obteniendo un rendimiento de biodiésel en contraste con los insumos iniciales de 90,58%, y con resultados de biodiésel obtenidos del aceite usado de cocina del 89 %, pero sin producción de glicerina. (Rendimientos, 2004, párr.15).

Por ello la investigación nos brinda que oleaginosas tomar en cuenta y el porcentaje idóneo de los aceites a diferencia de otros insumos para llegar a los estándares internacionales para la obtención de biodiésel y glicerina.

ALVA Y CIPRA (2015) en su tesis: *Estudio comparativo de los biodiesel, obtenido a partir de metanol y etanol y su adaptación a escala piloto* (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Trujillo) se planteó: Definir qué reactivos son los más idóneos para la producción de biodiésel y su escalamiento para una planta piloto.

Los parámetros de los experimentos fueron $T^{\circ}= 60$ y 70°C , la duración de la reacción 360 min, relación de aditivos 60/20, agitándolos a 900 rpm. (pp. 43-70).

Sintetizamos que el rendimiento para el aceite nuevo y usado, tendríamos que usar metanol, para poder recuperar un mayor porcentaje, 3% en aceites nuevos y 15 en aceites usados. Es así como nos apoyamos en el autor para definir el proceso óptimo para la obtención de biodiesel dentro de la universidad.

1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

1.3.1. BIODIÉSEL:

Pertenece al grupo de biocombustibles sintético lípidos que se obtiene de forma natural como derivado de grasas o aceites de origen vegetal o animal. “El prefijo (bio) hace referencia a su naturaleza renovable y biológica en contraste con el combustible diésel tradicional derivado del petróleo; mientras que diésel se refiere a su uso en motores de este tipo” (Demirbas, 2007, pp. 61-70).

El biodiesel como combustible se puede usar de forma pura o mezclando en porcentajes razonables con el diesel. “Es producto de un proceso químico (Transesterificación), en el cual los aceites orgánicos son combinados con un alcohol y alterados químicamente para formar un éster etílico o metílico, el cual recibe finalmente el nombre de biodiésel” (Fredrickson y Gordon, 1958, párr. 10).

(La asociación de productores norteamericanos de biodiésel) lo define como “Un combustible compuesto de ésteres mono-alquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de aceites o grasas, vegetales o animales” (The National Biodiesel Board,

2010, párr. 4).

1.3.2. GLICERINA:

“Son conocidos también como aciglecíridos y es un subproducto del biodiesel. En cuanto a su aspecto se presenta de forma líquida a temperatura ambiental de 25°C y su viscosidad es alta” (Posada y Cardona, 2010, p. 12).

Usos de la glicerina:

Para elaborar cosméticos: La industria más antigua que ha aprovechado la glicerina ha sido la industria del jabón, debido a sus propiedades antisépticas y humectantes. La suavidad y blancura son características típicas de los jabones de glicerina sobre la piel.

Como excipiente en productos farmacéuticos: También se ha utilizado en la industria farmacéutica con diferentes finalidades. Uno de sus usos más comunes es como excipiente, es decir, se incorpora como sustancia inactiva para poderse incorporar el principio activo.

Como antiséptico: También suele utilizarse para prevenir infecciones en heridas, ya que actúa como un excelente antiséptico; de allí su uso en jabones.

Para la industria pastelera: También es muy usada en la pastelería, ya que tiene ciertas propiedades que ayudan a obtener un gran postre. En primer lugar, tiene un sabor dulce, además estabiliza y humedece pastas de masa comestible como el fondant, pastillaje; también se utiliza para bombones, helados y muchos otros dulces.

Como producto con acción laxante: Puede observarse la gran utilidad que ha tenido como supositorio, ya que la glicerina tiene propiedades higroscópicas (absorben agua del medio) además de que irrita la mucosa.

Para mejorar la calidad de productos de consumo: Se puede observar que la glicerina es utilizada en la fabricación de algunos productos de consumo como en el té, jengibre, café, refrescos por sus propiedades tensoactivas; esto es; que tiene la facultad de actuar como un emulsionante comestible.

Glicerina carbonatada: Llamada también glicerina bicarbonatada es utilizada para disolver tapones de cera en los oídos. Puede encontrarse en farmacias, la presentación suele ser en goteros (Vida Sana, 2017).

1.3.3. ACEITE USADO DOMÉSTICO:

Nuestro hogar es el foco principal donde se genera la mayor cantidad de residuos de aceites vegetales, en mayor porcentaje que los establecimientos de comida rápida dado que todos los días cocinamos más de dos veces. De la misma forma cada domicilio de nuestra sociedad es generador de este desperdicio desde los insumos que compra hasta su elaboración y si este es vertido al fregadero o al suelo contamina por 100 años este recurso y es cancerígeno.

“Cuando se suministra el desecho de aceite vegetal quemado en la vías sanitarias del alcantarillado, atentan contra la salud, incluso daña e suelo.” (Comercio, 2017, párr. 6).

El uso del aceite una vez reciclado:

Este insumo es fácil y sencillo de reciclar para reutilizarlo. Mediante un proceso adecuado se obtiene jabones y biocombustibles ecológicos (biodiesel). Entre aceites y grasas o sus diferentes fracciones, son útiles para el sector industrial y esto produjera un bien común. [...] (Larioja.org, 2016, párr. 4).

1.3.4. PROCESO DE OBTENCIÓN DE GLICERINA Y BIODIESEL:

La producción de biodiésel ha llevado a varios investigadores a desarrollar caracterización y técnicas para la obtención de este suministro.

a) Microemulsión de aceites vegetales:

Es un proceso que consiste en un sistema dispersado, con o sin un emulsificante, en un líquido inmiscible, generalmente en cantidades mínimas. Los alcoholes de cadena corta, como el etanol o metanol se utilizan como emulsificantes para disminuir la viscosidad de estos. Microemulsiones con una variada contingencia de líquidos inmiscibles entre el metanol, etanol y moléculas anfifílicas iónicos o no iónicas han sido estudiadas, encontrando su efectividad (Billaud y Archambault, 1998, pp. 329-334).

b) Pirólisis por craqueo catalítico:

La inversión de una sustancia con otra se llama pirólisis por medio de calor suministrado y con la presencia de un catalizador. Consiste en el calentamiento de material orgánico en

eliminando la presencia del aire u oxígeno, provocando el rompimiento de pequeñas moléculas que son adsorbidas por el catalizador. La pirólisis y craqueo catalítico de aceites y grasas resulta en la producción de alcanos, alquenos, cicloalcanos, alquilbencenos, ácidos carboxílicos, compuestos aromáticos y pequeñas cantidades de productos gaseosos. (Sonntag, 1979, p. 90).

c) Transesterificación de grasas y aceites:

La Transesterificación es la forma más común de producir biodiésel. Consiste en una reacción química entre los triglicéridos del aceite y alcohol, en presencia de catalizador ácido o alcalino. El metanol es el alcohol de uso común en este proceso debido en parte a su bajo costo. El producto obtenido es biodiésel, que son ésteres metílicos de ácidos grasos, llamados comúnmente por sus siglas EMAG (FAME en inglés, “fatty acid methyl ester”), además se produce glicerina como subproducto que tiene alto valor en el mercado. Los productos son 3 moléculas de éster producidas a partir de una molécula de triglicéridos y una molécula de glicerol. A pesar de las diferencias en las propiedades químicas y físicas del aceite comestibles domésticos en comparación con los aceites comestibles frescos, ambos pueden ser convertidos a biodiésel utilizando técnicas similares, como: reacción catalítica de Transesterificación (catalizadores alcalinos, ácidos y enzimáticos) o por vía no-catalítica como la reacción de Transesterificación con alcohol supercrítico y por el proceso BIOX (Demirbas, 2009, p. 50).

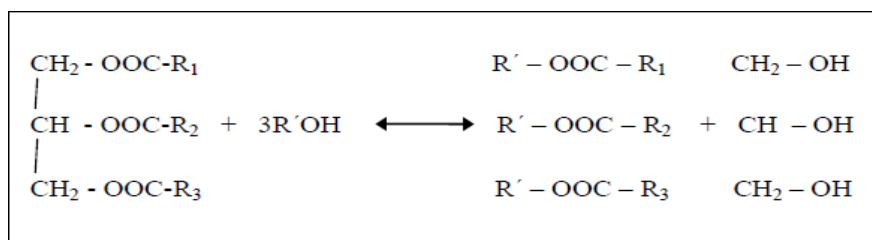


Figura 1. Reacción de Transesterificación:

Fuente: (West, et al., 2003, p. 99).

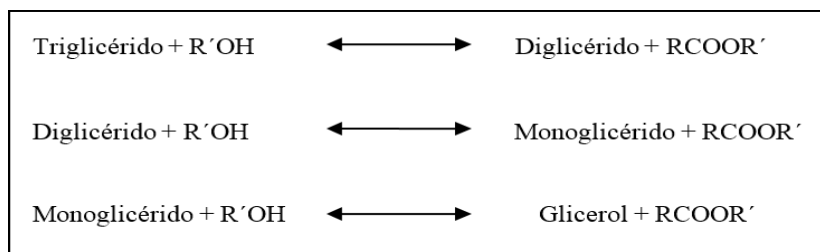


Figura 2. Reacciones sucesiva de Transesterificación:

Fuente: (Canan, et al., 2008, p. 34).

d) Métodos catalíticos de Transesterificación:

- **Método de Transesterificación por catálisis ácida:**

Se agita el catalizador mediante un reactor, entre ellos los principales catalizadores son H₂SO₄ y HCl, y de forma paulatina el alcohol/catalizador se unifican en el reactor para realizar la Transesterificación. Los ácidos propician gran cantidad de esteres metílicos mediante su reacción lenta. La correlación entre el metanol/aceite es fundamental para liberar el producto, a mayor porcentaje de alcohol se forma esteres metílicos en mayor cantidad y esto dificulta la recuperación de otros suministros, por ello se recomienda analizar antes de cada proceso. (Demirbas, 2009, p. 55).

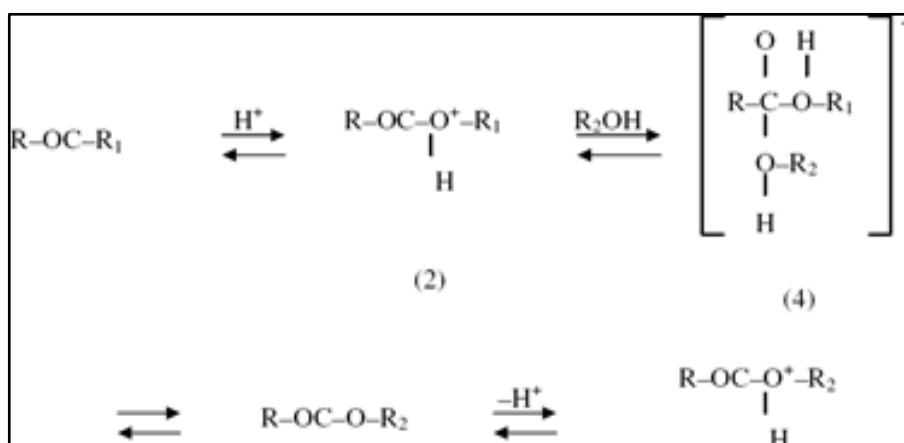


Figura 3. Reacción de Transesterificación por catálisis ácida:

Fuente: (Demirbas, 2009, p. 56).

- **Método de Transesterificación por catálisis alcalina:**

Este método emplea como catalizador KOH o NaOH, sin dejar de lado los dos procesos inherentes. Al inicio se realiza la esterificación para el cálculo de ácidos grasos libres en la muestra, seguida por la saponificación. La base a las investigaciones hechas en la producción de biodiésel a partir de aceites comestibles domésticos se comprobó el uso de gel de sílice como absorbente para reducir el contenido de ácidos grasos libres y del índice de peróxido. En la segunda etapa ocurre la reacción de Transesterificación. (Demirbas, 2009, p. 58).

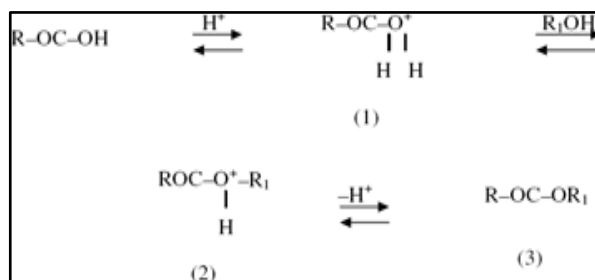


Figura 4. Reacción de esterificación por catálisis ácida:
Fuente: (Demirbas, 2009, p. 60).

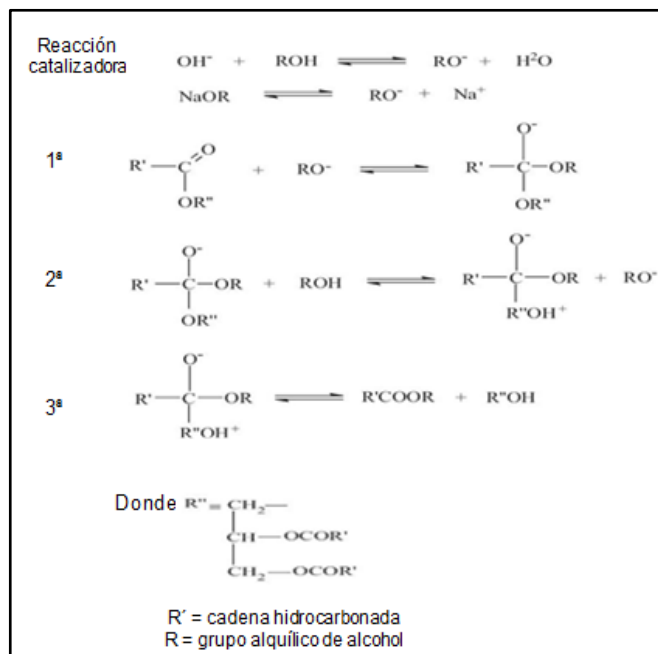


Figura 5. Mecanismo de reacción de Transesterificación por catálisis alcalina:
Fuente: (Canan, et al., 2008, p. 38).

- **Método de Transesterificación por catálisis enzimática:**

Dado un enfoque de Transesterificación por enzimas no tiene muchos antecedentes, se han motivado dirigirse a la optimización de la reacción (disolventes, temperatura, pH, tipo de microorganismo que genera la enzima, entre otros). Obteniendo últimamente un mal rendimiento y un tiempo desfavorable respecto a sus antecesores métodos. (Canan, et al., 2008, p. 38).

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1. PROBLEMA GENERAL

¿De qué manera la Mejora de Procesos optimiza los volúmenes de obtención de glicerina y biodiésel en laboratorio a partir de aceite vegetal reciclado en la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO – ATE 2018?

1.4.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cómo la Mejora de Procesos optimiza el volumen de obtención de glicerina en laboratorio a partir de aceite vegetal reciclado en la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO – ATE 2018?
- ¿Cómo la Mejora de Procesos optimiza el volumen de obtención de Biodiesel en laboratorio a partir de aceite vegetal reciclado en la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO – ATE 2018?

1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

1.5.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Métodos no-catalíticos de Transesterificación:

- **Proceso BIOX con cosolventes para producción de biodiésel**

Es un nuevo proceso postulado por en la Universidad de Toronto por el profesor David Boocock y que fue espectacular para la transformación de la elaboración de biodiesel, seleccionando cosolventes inertes para ser aplicado como catalizador, para enriquecer la

propiedades del insumo y lograr un rendimiento superior al 99% rápidamente. Centrándose en la esterificación de los ácidos grasos libres hasta el 10%, y realizando la Transesterificación agregando cosolventes en un tiempo continuo, con una presión atmosférica y temperatura ambiente. Para reutilizarse los cosolventes. (Komers, et al., 2001, p. 103).

- **Transesterificación con alcohol supercrítico (Metanol supercrítico)**

La metodología más simple para obtener biodiesel es la Transesterificación de grasas animales y aceites, pero el inconveniente de trabajar con el ácidos grasos libres y el agua porque producen jabón, resultado un disminución de la conversión. Para lograr el objetivo de la reacción se utilizan catalizadores ácidos o básicos, y este definirá el tiempo de reacción y el tipo de separación, lo que se traduce una mala elección podría elevar el costo y el consumo de energía (Kusdiana y Saka, 2001, p. 80).

Planificándose para reducir estos problemas se puede producir biodiesel por medio de Transesterificación no catalítica con metanol supercrítico. Creando un proceso con el metanol supercrítico en relación a dos fases Facilitando la purificación de los productos por estar contenidos en una sola fase y a su vez el tiempo de producción (Demirbas, 2002, p. 43).

Tabla 1. El método catalítico alcalino y el método de metanol supercrítico.

Parámetro	Proceso catalítico	Método MSC
Alcohol	Metanol	Metanol
Catalizador	NaOH o KOH	Ninguno
Temperatura de reacción (°C)	30 - 65	250 – 300
Presión de reacción (MPa)	0.1	10-25
Tiempo de reacción (minutos)	60-360	7-15
Rendimiento de EMAG (% p)	96	98
Subproductos	Metanol, glicerol, jabón	Metanol
Ácidos grasos libres	Productos saponificados	Esteres metílicos, agua

Fuente: (Demirbas, 2009). Energy Conversion and Management.

1.5.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Se propone impactar un círculo económico local, creando una cultura de reciclaje de este suministro y creando puestos de trabajo dentro de esta investigación, para lograr producir biodiésel y así contra restar el cuidado del medio ambiente y el agua potable. En forma

paralela poder impactar algún municipio para su escalamiento en futuras investigaciones.

1.5.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La producción de biocombustibles se realiza a escalas inferiores, por ende es una opción bastante productiva para el abastecimiento de energía dentro de la universidad y para el uso de algunas municipalidades. En las zonas rurales se pretendería obtener biodiésel a través de oleaginosas, para el abastecimiento de algunos generadores de electricidad y y provocar una mejora satisfactoria a la sociedad, reforzando la responsabilidad social de la institución que me brinda el apoyo para su desarrollo. Mejorando la metodología.

1.6 HIPÓTESIS

1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL

La Mejora de Procesos permitirá establecer los parámetros óptimos de temperatura, porcentajes de CH_3OH y NaOH para optimizar los volúmenes de obtención de glicerina y biodiésel en laboratorio a partir de aceite vegetal reciclado en la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO – ATE 2018.

1.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La Mejora de Procesos permitirá establecer los parámetros óptimos de temperatura, porcentajes de CH_3OH y NaOH para optimizar los volúmenes de obtención de glicerina en laboratorio a partir de aceite vegetal reciclado en la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO – ATE 2018.
- La Mejora de Procesos permitirá establecer los parámetros óptimos de temperatura, porcentajes de CH_3OH y NaOH para optimizar los volúmenes de obtención de biodiésel en laboratorio a partir de aceite vegetal reciclado en la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO – ATE 2018.

1.7 OBJETIVOS

1.7.1. OBJETIVOS GENERALES

Determinar de qué manera la Mejora de Procesos optimiza los volúmenes de obtención de glicerina y biodiésel en laboratorio a partir de aceite vegetal reciclado en la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO – ATE 2018.

1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Demostrar Cómo la Mejora de Procesos optimiza el volumen de obtención de glicerina en laboratorio a partir de aceite vegetal reciclado en la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO – ATE 2018.
- Demostrar Cómo la Mejora de Procesos optimiza el volumen de obtención de Biodiesel en laboratorio a partir de aceite vegetal reciclado en la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO – ATE 2018.

II. MÉTODO

2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

2.1.1. CUANTITATIVO:

Porque cuantificamos valores de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio.

2.1.2. EXPERIMENTAL:

Porque nos proponemos calcular bajo ensayos, los parámetros óptimos para la obtención de biodiesel y glicerina. Y se seguirá la siguiente metodología: 2^k.

2.1.3. APLICADA:

Porque nos apoyamos en los conocimientos ya establecidos por expertos y los correlacionamos para un mayor beneficio.

2.2 VARIABLE Y OPRACIONALIZACIÓN

2.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE:

- Mejora de procesos: obtención de Porcentajes óptimos de insumos para el proceso idóneo.

2.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE:

- Obtención de los volúmenes óptimos de glicerina y biodiésel

Tabla 2. Operacionalización de la variable e indicadores y la escala de medición.

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de medición
VARIABLE INDEPENDIENTE: MEJORA DE PROCESOS (%Metanol, NaOH y T)	CH₃OH: El metanol, es un compuesto químico del grupo de los alcoholes, también conocido bajo el nombre de alcohol metílico. Cuando el metanol está a temperatura ambiente, en condiciones normales, se presenta en estado líquido e incoloro, siendo bastante tóxico, e inflamable. Tiene poca viscosidad y posee un olor característico a frutas bastante penetrable, y perceptible a partir de los 2 ppm. Es un compuesto que puede ser utilizado tanto como disolvente o como combustible. (Méndez, 2010)	PLANIFICACION DEL PROCESO Mediante ensayos de laboratorio se medirá la relación óptima entre metanol / aceite vegetal reciclado, que balanceará la solución para obtener los parámetros óptimos.	$\frac{A}{B} = \frac{ml \text{ Metanol}}{ml \text{ Aceite VR}}$	Variables numéricas: Razón
	NaOH: La sustancia es una base fuerte, reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva en ambientes húmedos para metales tales como cinc, aluminio, estaño y plomo originando hidrógeno (gas combustible y explosivo). Rápidamente absorbe dióxido de carbono y agua a partir del aire. (EcuRed, 2016)	OPORTUNIDADES DE MEJORA Mediante ensayos de laboratorio se medirá el porcentaje en miligramos del NaOH, que se añadirá a la solución para obtener los parámetros óptimos.	$\%NaOH = \frac{g \text{ NaOH}}{ml \text{ Aceite VR}} * 100$	Variables numéricas: Razón
	TEMPERATURA: Magnitud física que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o del ambiente, y cuya unidad en el sistema internacional es el kelvin (K). (RAE, 2014)	Mediante ensayos de laboratorio se medirá la temperatura en grados Celsius (°C), que se añadirá a la solución para obtener los parámetros óptimos.	$T = (X)^{\circ}C$	Variables numéricas Intervalo
VARIABLE DEPENDIENTE: OBTENCION DE VOLUMENES OPTIMOS DE Biodiésel y Glicerina	BIODIÉSEL: Es un biocombustible sintético lípido que se obtiene de lípidos naturales como derivado de aceites o grasas de origen vegetal o animal. “El prefijo (bio) hace referencia a su naturaleza renovable y biológica en contraste con el combustible diésel tradicional derivado del petróleo; mientras que diésel se refiere a su uso en motores de este tipo” (Demirbas, 2007, pp. 61-70).	VOLUMEN ÓPTIMO DE BIODIESEL Se obtendrán los parámetros óptimos para la elaboración de biodiésel.	Densidad g/ml ASTM D 4052	Variables numéricas: Razón
			Índice de acides mg NaOH/g ASTM D 664	
			Volumen de biodiesel ml ASTM D 2709	
	GLICERINA: “Es uno de los componentes de los lípidos, al que incorrectamente en muchos casos se le llama grasas; concepto adecuado para los lípidos procedentes únicamente de animales” (Posada y Cardona, 2010, p. 11).	VOLUMEN ÓPTIMO DE GLICERINA Se obtendrán los parámetros óptimos para la elaboración de glicerina.	Densidad g/ml ASTM D 4052	Variables numéricas: Razón
			Índice de acides mg NaOH/g ASTM D 664	
			Volumen de glicerina ml ASTM D 6584	

Fuente: Elaboración propio

2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

Población: Aceites de desecho recolectados en los establecimientos de comida dentro y fuera de la universidad cesar vallejo-ATE.

Unidad de análisis: volumen en mililitros

Muestreo: No probabilístico.

Muestra: Por conveniencia, 2000 mililitros de aceite vegetal reciclado (AVR).

Con un diseño experimental 2^k = con 3 factores, 3 repeticiones, con lo que se alcanza 24 corridas experimentales tal como se muestra en la tabla 9.

2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

2.4.1. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS:

La recolección de datos que se utilizó en el desarrollo de la investigación es la observación directa, dado que los datos se registraron directamente en el proceso de obtención de glicerina y biodiesel, y estos fueron almacenados en una base de datos que diseñamos.

2.4.2. INSTRUMENTOS:

Se determinará la densidad mediante un picnómetro con aforo de 25 ml y una balanza analítica para pesar la muestra (ecuación 4-1). Asimismo, la viscosidad del aceite con un viscosímetro Saybolt, obteniendo las mediciones en unidades SUS (segundos universales Saybolt) las cuáles fueron transformadas a unidades Stokes de viscosidad cinemática con ayuda de las tablas de conversión del estándar de ASTM D 2161-93. Por último, se calculará la viscosidad absoluta en unidades de Poise (ecuación 4-2). Los resultados obtenidos de la muestra problema será comparación con otros aceites reportados de la literatura se presentan en la Tabla 1.3.

Ecuaciones:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (4-1)$$

$$\mu = v * \rho \quad (4-2)$$

Dónde: v : viscosidad cinemática (mm^2/s) ó cSt

ρ : densidad (g/cm^3)

μ : viscosidad absoluta ($\text{g}/\text{cm s}$)

Al finalizar todos los cálculos requeridos de la materia prima, del mismo modo también se evaluará las características de la glicerina y biodiesel obtenido, y serán representados en una base de datos diseñados para este proceso tal como se muestra en la tabla 3.

2.4.3. VALIDEZ DEL INSTRUMENTO:

Los instrumentos han sido validado por expertos del laboratorio de procesos y química.

2.5 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

2.5.1. METODOLOGÍA DESARROLLADA PARA LA INVESTIGACIÓN

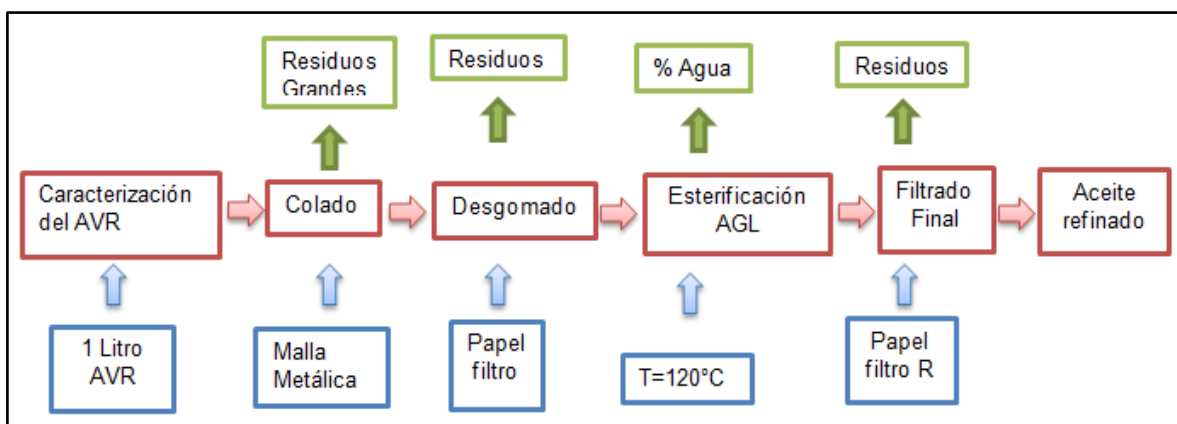


Figura 6. Diagrama de bloques del proceso de preparación del AVR.

Fuente: elaboración propia

- **Caracterización de la materia prima:**

Con una muestra representativa del aceite vegetal reciclado (AVR) proveniente de

la cafetería y quioscos aledaños a la Universidad César Vallejo se realizará en el laboratorio la caracterización física del aceite mediante la medición de sus propiedades físicas. El volumen obtenido es de 2 litros de AVR, del cual se usó 1 litro para la caracterización de la materia prima y lo restante para el proceso.

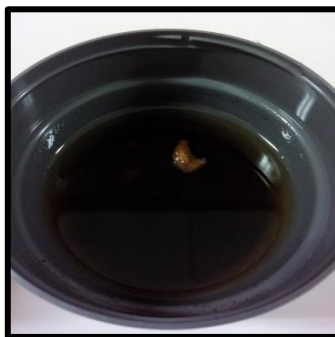


Figura 7. Aceite Vegetal Reciclado (AVR)

Fuente: elaboración propia

- **Colado:**

De la mezcla recolectada se observó que tenía compuestos sólidos de pollos, churros, entre otras cosas, por ello se realizó la separación de estos, mediante un colador con una malla de 0.5mm de orificio para limpiar la mezcla.



Figura 8. Proceso de colado.

Fuente: elaboración propia

- **Desgomado:**

Del AVR, obtenido del proceso anterior se realizó también un proceso de filtrado, con papel filtro normal, para limpiar las impurezas de menor tamaño.



Figura 9. Proceso de desgomado:

Fuente: elaboración propia

- **Esterificación acida de AGL:**

Se realizó del mismo modo un calentamiento de la mezcla de AVR, a 120 °C, con el fin de eliminar todo residuo de agua que se pudo haber captado en la recolección de la materia prima y se dejó enfriar por una hora.



Fuente: Figura 10. Esterificación acida de ácidos grasos libres de la muestra.

elaboración propia

- **Filtrado Final:**

De la solución obtenida se realizó un proceso más de filtrado con un papel filtro reforzado para eliminar cualquier partícula que pueda para que quede completamente limpia, y también cambiar el color.

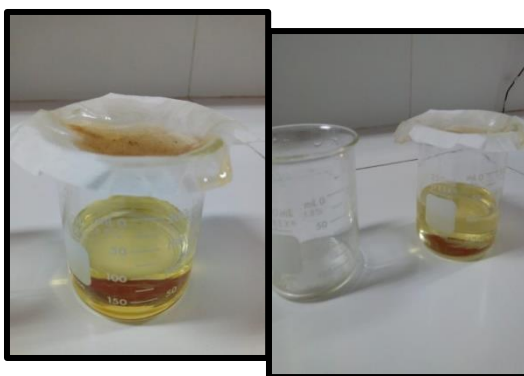


Figura 11. Proceso de filtrado:

Fuente: elaboración propia

2.5.2. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL ACEITE REFINADO:

Tabla 3. Caracterización de la muestra problema y su comparación con otros aceites reportados en la literatura.

Aceite	Densidad (g/cm ³)	Viscosidad cinemática (mm ² /s)	Viscosidad absoluta (g/cm s)	% Ácidos grasos libres	Referencias bibliográficas
ACD común	0.924	36.4	0.336	1.32	(Demirbas, 2009).
Soya	1.13	40.8	0.461	-	(Ramadhas, y otros, 2005)
Semillas de caucho	1.14	58.1	0.6623	0.19	(Ramadhas, y otros, 2005)
Palma	0.88	44.2	0.389	0.08	(Cheng, y otros, 2005)
Muestra problema de AVR	0.95	42.3	0.412	0.035	Este trabajo

Fuente: elaboración propia.

La Tabla 1.3, nos presenta, que la cantidad de ácidos grasos de la muestra problema no debe ser significativo, ya que es importante el porcentaje de ácidos grasos en un aceite, para poder definir la técnica a seguir para la producción de biodiésel. Se reporta en la literatura que “la producción en la 1 etapa se sugiere cuando la acidez es baja (Transesterificación) y en 2 etapas cuando la acidez es mayor a 5% de AGL (esterificación–Transesterificación)” (Aguirre y Rodríguez, 2009, p. 50) A partir del estudio de los métodos para la obtención de biodiésel (Apartado 1.5), así como la caracterización de la materia prima (Apartado 2.5) y con apoyo de la literatura consultada de Aguirre y Rodríguez, se seleccionará la técnica de reacción a utilizar.

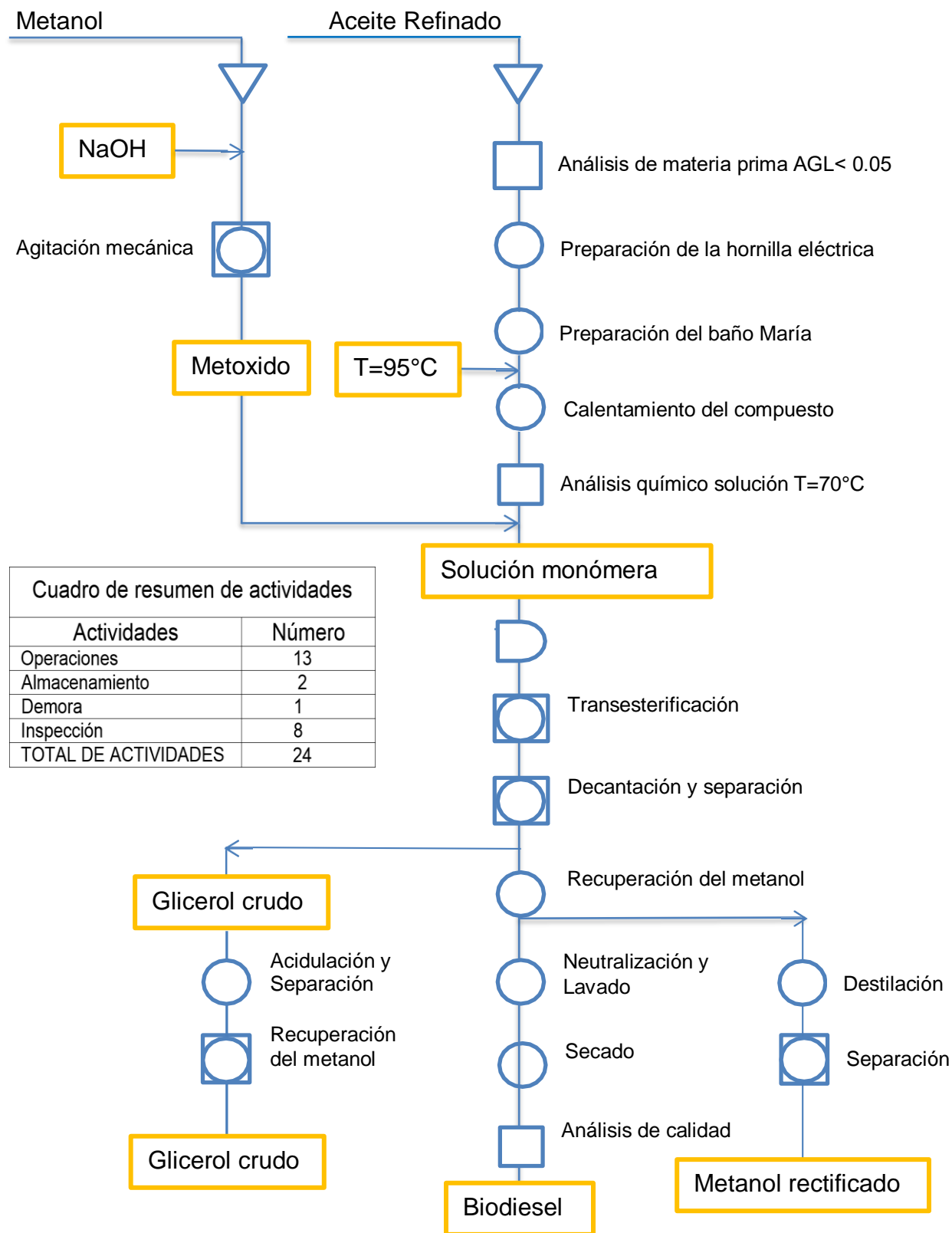


Figura 12. Diagrama de procesos para obtener biodiésel y glicerina

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Condiciones de reacción por Transesterificación en laboratorio.

Alcohol	Relación molar alcohol/aceite	Catalizador	% peso del catalizador	Temperatura	Tiempo	Presión
11 ml Metanol	2 : 10	NaOH	0.9 g aprox.	95°C	180 min.	Atmosférica

Fuente: elaboración propia.

Los materiales y reactivos requeridos para la producción de biodiésel a escala de laboratorio se presentan a continuación.

Tabla 5. Materiales de laboratorio.

1 vaso de precipitados de 1000ml	1 soporte universal
4 vaso de precipitados de 100ml	1 anillo metálico
1 pipeta volumétrica de 1ml	2 pinzas de tres dedos
1 vidrio de reloj	2 agitadores magnéticos
2 probetas de 100 ml	1 termómetros
1 embudos de separación 200 ml	1 propipeta
1 embudo büchner	Papel ph
1 matraz kitazato de 100 ml	Papel filtro
1 parrilla de calentamiento y agitación	1 espátula

Fuente: Elaboración propia.



Figura 13. Materiales de laboratorio.

Fuente: Elaboración propia.

Reactivos:

- Aceite doméstico reciclado, proporcionado por los establecimientos de comida de la universidad CESAR VALLEJO sede- ATE
- Metanol con pureza del 80%, densidad de 0.7915 g/ml a 20 °C /QP.
- Hidróxido de sodio sólido (NaOH) con pureza del 95%
- Metóxido de sodio (disolución catalizadora)
- Agua destilada

2.5.3. PREPARACIÓN Y CALIBRACIÓN DE REACTIVOS Y EQUIPOS PARA LA OBTENCIÓN DE GLICERINA Y BIODIESEL.

a) Etapa de preparación del aceite refinado y del proceso

Al inicio de la investigación se preparó el proceso, para ello se usó una hornilla eléctrica y un vaso precipitado de 1000 ml, se preparó un baño María con 700 ml de agua, se calculó a una temperatura de 95°C aproximadamente constante, en forma paralela se calculó el volumen del AVR para usar en cada ensayo y su índice de acidez mediante un papel tornasol que mide PH, que resultó favorable para el ensayo $AGL < 0.05$.



Figura 14. Preparación del proceso y calibración de AVR.

Fuente: elaboración propia

b) Etapa de preparación del Metóxido

En esta investigación se preparó la solución del METÓXIDO, al inicio calibrando los porcentajes exactos de cada insumo usando 0,9 % de NaOH y 11 % de metanol, así mismo se le aplicó una agitación mecánica para que el NaOH se disuelva con el metanol.



Figura 15. Preparación y calibración de METOXIDO.

Fuente: elaboración propia

c) Etapa de Transesterificación

Realizando el proceso bajo los siguientes parámetros, la cantidad de metanol usado fue 11ml por ensayo de la misma forma con una relación molar de 2:10 entre el metanol y los AVR refinado, para una cantidad de 40 ml de AVR. La masa del catalizador (NaOH) fue de 0.9g, según nuestra hipótesis que se planteó en la tabla 1.4.

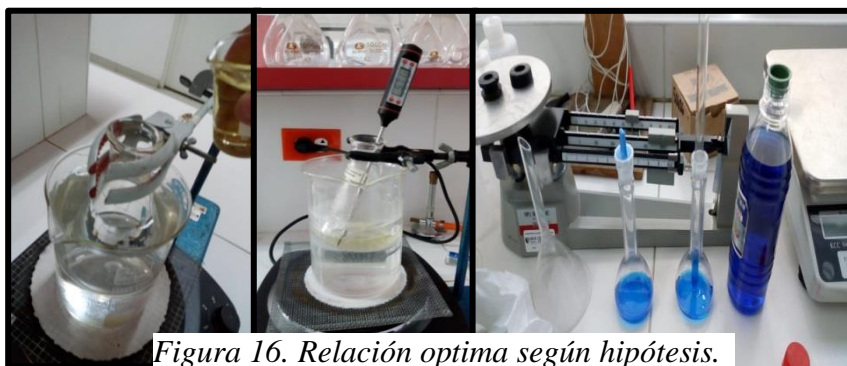


Figura 16. Relación optima según hipótesis.

Fuente: elaboración

propia

Para este proceso se preparó el baño María, una vez llegado a la temperatura indicada

se sumerge un matraz de Erlenmeyer donde se vierte el AVR refinado, se controla con un termómetro que llegue a 65°C el aceite, para verter la solución del metóxido. Una vez finalizada este proceso se instala un agitador mecánico que gira a 500 RPM, manteniendo la temperatura entre 65 a 70°C por 3 horas.



Figura 17. Obtención de biodiesel y glicerina bajo la reacción de Transesterificación.

Fuente: elaboración propia

d) Etapa de separación:

Los productos resultantes son el biodiesel y la glicerina en porcentajes óptimos según la hipótesis planteada, para el cálculo se traslada a un embudo de separación de 500 ml, para que quede suspendido entre 20 a 24 horas, observando la separación por completo entre las dos capas líquidas.

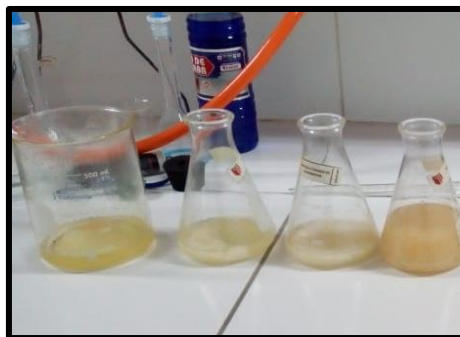
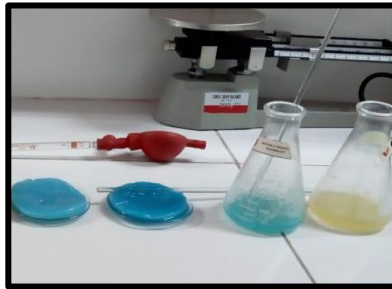


Figura 18. Separación de glicerina y biodiesel

Fuente: elaboración propia

e) Etapa de purificación de los productos obtenidos:

La purificación comprende el lavado de los productos obtenidos tanto el biodiesel como la glicerina tienen restos del catalizador, para eliminarlo se realiza lavados secuenciales. Cuando lavamos el biodiesel la primera vez usamos agua destilada y se mezcló con el agitador mecánico por dos veces en tiempos paulatinos y se dejó reposar por una hora logrando diferenciar las dos fases, el biodiesel y la fase acuosa restante. Después se lavó dos veces más a una temperatura de 60°C igual por una hora cada proceso hasta conseguir un PH neutro. Así mismo se trabajó para la glicerina, pero solo se obtuvo en dos procesos.



Fuente: elaboración propia

Figura 19. Purificación

f) Etapa de secado según el producto lo requiera:

En este proceso se realizó el calentamiento de la solución obtenida del lavado de biodiesel calentándolo a 100°C durante 1 ½ hora, hasta obtener un color brillante y translucido, finalmente para evitar impurezas se filtra. Por otro lado, la glicerina obtenida es saponificada y rectificada para su utilización.



Figura 20. Secado de biodiesel

Fuente: elaboración propia

g) Etapa de Control de calidad, estandarización y normas:

Para producir biodiésel y su posterior comercialización se tiene que llegar a los

estándares de calidad que cumpla con la normatividad y especificaciones vigentes que establecen las organizaciones internacionales (Tabla 1.6). Un producto obtenido para la conversión de grasas o aceites de cualquier fuente en esteres metílicos de ácidos grasos, es de vital importancia para el producto. “Se determina que la reacción de Transesterificación se ha terminado cuando la suma de glicerina libre y combinada es inferior a 0.240 % en peso, de acuerdo al método estándar de la ASTM D 6751 prueba D 6584” (Rintoul, 2008, p. 45).

Las mediciones de ácidos grasos libres y agua son responsabilidad del productor, donde la medición de estos ácidos se efectúa en base a la prueba D 664 de la ASTM mediante una titulación potencio métrica no acuosa ácido-base. La medición de los ácidos involucra la adición de una base débil para formar una sal cuya banda de absorción del carbonilo es diferente a la del éster del biodiésel. Otras prácticas cuantitativas son el espectroscopio infrarrojo y la cromatografía.

Tabla 6. Estándares internacionales vigentes para el control de calidad de biodiésel.

NORMA VIGENTE	PAÍS DE ORIGEN
IRAM 6515-1	Argentina
ASTM D 6751	E.U.A.
SS 15 54 36	Suecia
DIN V 51606	Alemania
ÖN C 1191	Australia
JORF 14.9.1997	Francia
UNI 10631	Italia
CSN 656507	República Checa
EN 14214	Unión Europea

Fuente: (CEN, 2009) Comité Europeo de Estandarización y Especificaciones Técnicas.

La principal aplicación de biodiésel se da como combustible, un deficiente producto provoca daños en el motor de combustión, así mismo, obstrucción y deterioro del tiempo de vida del motor. En consiguiente los diseñadores de vehículos disminuyen su tiempo de vida cuando no respetan los porcentajes adecuados. El objetivo de desechar producto por no cumplir con los estándares y que además daña el prestigio de la industria, en E.U.A. el Consejo Nacional de Biodiésel desarrolló el “Programa de Acreditación Nacional de Biodiésel” para la acreditación de productores y comercialización del biodiésel como biocombustible (programa BQ-9000) y que es

uno de los más altos programas de calidad en el mundo. “Estos sistemas engloban almacenamiento, proceso, muestreo, pruebas, mezclado, embarque, distribución y prácticas gerenciales para el combustible” (NBB, 2007, párr. 6). La calidad del producto se inicia desde la materia prima hasta la combustión del motor.

La síntesis de análisis es para lograr optimizar el proceso y constatar la calidad más simple y veras, mientras que según requerimiento para otras es más compleja. Existen tres áreas donde los análisis de control de calidad son indispensables para la producción de este suministro; caracterización de la materia prima, análisis de compuesto químico en su desarrollo y constatación del producto terminado. (Rintoul, 2008).

Tabla 7. Parámetros y especificaciones de calidad para biodiésel B100, según la ASTM D 6751-08 y EN 14214.

PARÁMETRO	MÉTODO	LÍMITES	UNIDADES
Densidad	ASTM D 4052	0.86-0.9	g/cm ³
Viscosidad cinemática a 40 °C	ASTM D 445	1.9 – 6.0	mm ² /s (cSt)
Punto de inflamabilidad	ASTM D 93	120 mín.	°C
Poder calorífico superior	ASTM D 240	39.5	MJ/kg
Punto de nube	ASTM D 2500	49 máx.	°C
Azufre	ASTM D 5453	0.05 máx.	% masa
Carbón residual	ASTM D 4530	0.05 máx.	% masa
Agua y sedimentos	ASTM D 2709	0.05 máx.	% volumen
Corrosión en lámina de cobre	ASTM D 130	No. 3 máx.	
Cenizas sulfatadas	ASTM D 874	0.02 máx.	% masa
Número de cetanos	ASTM D 613	47 mín.	Índice de cetano
Número ácido	ASTM D 664	0.5 máx.	mg NaOH/g
Glicerina libre	ASTM D 6584	0.02	% masa
Glicerina total	ASTM D 6584	0.240	% masa
Metanol residual	ASTM D 93	0.2 máx.	% masa
Fósforo	ASTM D 4951	0.10 máx.	ppm
Contaminación total	EN 12662	24 máx.	ppm
Destilación de vacío final con 90% de destilado	ASTM D 1160	360 °C máx.	°C
Sodio y Potasio	EN 14108	5 máx.	ppm
Calcio y Magnesio	EN 14538	5 máx.	ppm
Estabilidad oxidativa	EN 14112	6 mín.	horas
Estabilidad térmica	ASTM D 6468	70% mín.	% reflectancia

Fuente: (NBB, 2007) Nacional Biodiesel Board.

Tabla 8. Norma de calidad ASTM D 975 para diésel comercial

PARÁMETRO	LÍMITES
Densidad (g/cm ³) a 15°C	0.82 – 0.845
Viscosidad cinemática (mm ² /s)	2 – 4.5

Punto de inflamación (°C)	55 mín.
Poder calorífico superior (MJ/kg)	46 mín.
Azufre (mg/kg)	350 máx.
Carbón residual (% masa)	0.3 máx.
Agua (mg/kg)	200 máx.
Corrosión en lamina de cobre	No. 1 máx.
Ceniza sulfatada	0.01 máx.
Número de cetanos	51 mín.
Contaminación total (mg/kg)	24 máx.
Estabilidad oxidativa (hrs.) a 110°C	25 g/cm ³

Fuente: (Norma de calidad de diésel comercial, 2009)

Basándome en la normativa internacional los resultados de la calidad de biodiesel están en tabla 29.

2.5.4. MÉTODO DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se elabora una base de datos en el software SPSS vr.23, para el análisis descriptivo se calculará las medidas de tendencia central, la de dispersión y de posición.

Para el análisis inferencial se realizará el análisis de la varianza 2^k , por lo tanto, sería un arreglo factorial 2^k , por ello se realizan 24 corridas con una intervalo de tres componentes que interactúan. Los valores en los extremos varían con los signos (–) y (+), el signo (–) representa al factor en su nivel bajo y el signo (+), en su nivel alto. Esta representación se da según la matriz que se presenta a continuación.

Tabla 9. Matriz de diseño experimental para un sistema factorial 2^3 .

Expo.	Bloque	% NaOH	% Metanol	T °C	Biodiésel	Glicerina
1	1	-	-	-		
2	1	+	-	-		
3	1	-	+	-		
4	1	+	+	-		

5	1	-	-	+		
6	1	+	-	+		
7	1	-	+	+		
8	1	+	+	+		
9	2	-	-	-		
10	2	+	-	-		
11	2	-	+	-		
12	2	+	+	-		
13	2	-	-	+		
14	2	+	-	+		
15	2	-	+	+		
16	2	+	+	+		
17	3	-	-	-		
18	3	+	-	-		
19	3	-	+	-		
20	3	+	+	-		
21	3	-	-	+		
22	3	+	-	+		
23	3	-	+	+		
24	3	+	+	+		

Fuente: Elaboración propia. (Programa STATGRAPHICS 2.8).

2.6 ASPECTOS ÉTICOS

Se evitará el anti plagio y se respetara el código de ética de la institución, en donde este trabajo tiene origen para generar nuevos conocimientos y del mismo modo el reglamento de propiedad intelectual.

Se mantendrá en confiabilidad de los datos encontrados en el trabajo de investigación, y se pondrá al servicio de la universidad para futuras investigaciones.

III. RESULTADOS

3.1. PROCEDIMIENTO DE GLICERINA:

Para la elaboración de la obtención de glicerina se llevó a cabo mediante la reacción llamada saponificación, así mismo utilizando metanol y un catalizador como NaOH en una concentración del 1%. En nuestra hipótesis planteamos una relación molar de 10:1 entre el AVR y el catalizador, para cada experimento se utilizó 50 ml de AVR, 15 ml de metanol y 1g de NaOH logrando los siguientes resultados.

3.1.1. GRÁFICOS DE PERFIL DEL PROCESO ÓPTIMO PARA OBTENER GLICERINA.

Tabla 10. Factores de las variables.

FACTORES INTER-SUJETOS			
Variables		Valor de la Etiqueta	N
NaOH	Mínimo	1%	12
	Máximo	2%	12
Metanol	Mínimo	10%	12
	Máximo	30%	12
Temperatura	Mínimo	90°C	12
	Máximo	110°C	12

Fuente: Elaboración propia. (Programa SPSS).

Tabla 11. Significancia de las variables.

PRUEBAS DE EFECTOS INTER-SUJETOS					
VARIABLE DEPENDIENTE: GLICERINA					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	187,882 ^a	7	26,840	38,934	,000
Intersección	48313,324	1	48313,324	70081,520	,000
NaOH	13,696	1	13,696	19,866	,000
Metanol	14,431	1	14,431	20,932	,000
Temperatura	105,044	1	105,044	152,372	,000
NaOH * Metanol	23,345	1	23,345	33,863	,000
NaOH * Temperatura	24,382	1	24,382	35,367	,000
Metanol * Temperatura	5,349	1	5,349	7,759	,013
NaOH * Metanol * Temperatura	1,638	1	1,638	2,376	,043
Error	11,030	16	,689		
Total	48512,237	24			
Total corregido	198,913	23			
a. R al cuadrado = ,945 (R al cuadrado ajustada = ,920)					

Fuente: Elaboración propia. (Programa SPSS).

Fuente: Elaboración propia. (Programa SPSS).

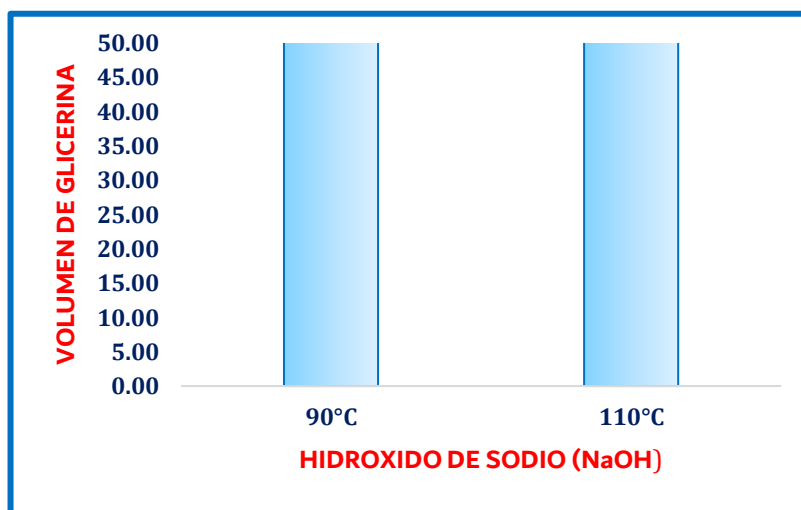


Figura 21. Obtención de Glicerina respecto a NaOH

Fuente: Elaboración propia. (Programa SPSS).

INTERPRETACION:

Según la obtención del volumen de la glicerina este cuadro nos infiere que a mayor porcentaje de NaOH la obtención de glicerina también incrementa su producción, es porque se relacionan de forma directa al proceso, Por ello que se procede a escoger el valor óptimo constatando con el grafico del biodiesel. Que sería 1% de NaOH.

3.1.4. Análisis de variable % de METANOL (ml)

Tabla 14. Análisis de Metanol:

ESTIMACIONES				
VARIABLE DEPENDIENTE: GLICERINA				
Metanol	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
10%	44,092	,240	43,584	44,600
30%	45,643	,240	45,134	46,151

Fuente: Elaboración propia. (Programa SPSS)

Tabla 15. Análisis por parejas de ensayos Metanol:

COMPARACIONES POR PAREJAS						
VARIABLE DEPENDIENTE: GLICERINA						
(I) Metanol	(J) Metanol	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
					Límite inferior	Límite superior
10%	30%	-1,551*	,339	,000	-2,269	-,832
30%	10%	1,551*	,339	,000	,832	2,269
Se basa en medias marginales estimadas						
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.						
b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).						

Fuente: Elaboración propia. (Programa SPSS).

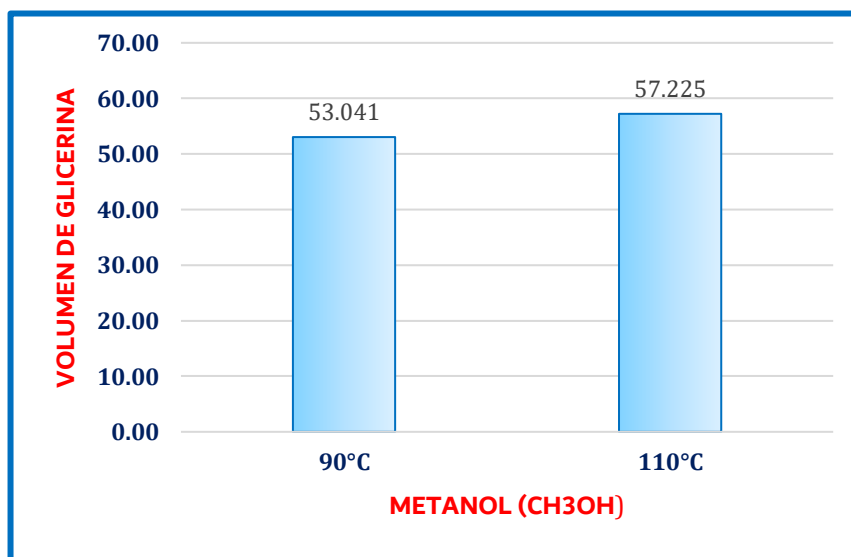


Figura 22. Obtención de Glicerina respecto a Metanol

Fuente: Elaboración propia. (Programa SPSS)

INTERPRETACION:

Según la obtención del volumen de la glicerina este cuadro nos infiere que a mayor porcentaje de metanol la obtención de glicerina también incrementa su producción, es porque se relacionan de forma directa al proceso, Por ello que se procede a escoger el valor óptimo en contraste con el grafico del biodiesel, que sería el mayor 30% de Metanol.

3.1.5. Análisis de la variable TEMPERATURA (°C)

Tabla 16. Análisis de Temperatura:

~ .

ESTIMACIONES				
VARIABLE DEPENDIENTE: GLICERINA				
Temperatura	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
90°C	46,959	,240	46,451	47,467
110°C	42,775	,240	42,267	43,283

Fuente: Elaboración propia. (Programa SPSS).

Tabla 17. Análisis por parejas de ensayos Temperatura:

COMPARACIONES POR PAREJAS						
VARIABLE DEPENDIENTE: GLICERINA						
(I) Temp	(J) Temp	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
					Límite inferior	Límite superior
90°C	110°C	4,184*	,339	,000	3,466	4,903
110°C	90°C	-4,184*	,339	,000	-4,903	-3,466
Se basa en medias marginales estimadas						
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.						
b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).						

Fuente: Elaboración propia. (Programa SPSS).

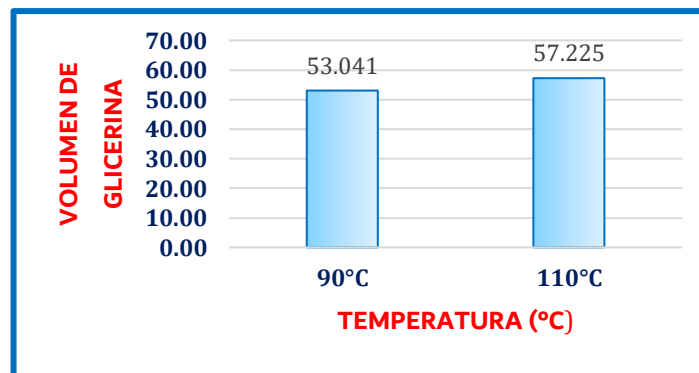


Figura 23. Obtención de Glicerina respecto a Temperatura

Fuente: Elaboración propia. (Programa SPSS).

INTERPRETACION:

Según la obtención del volumen de la glicerina este cuadro nos infiere que a mayor temperatura la obtención de glicerina disminuye, entonces tienen una relación inversa con la producción, es por eso que se procede a escoger el valor óptimo que sería el menor 90°C.

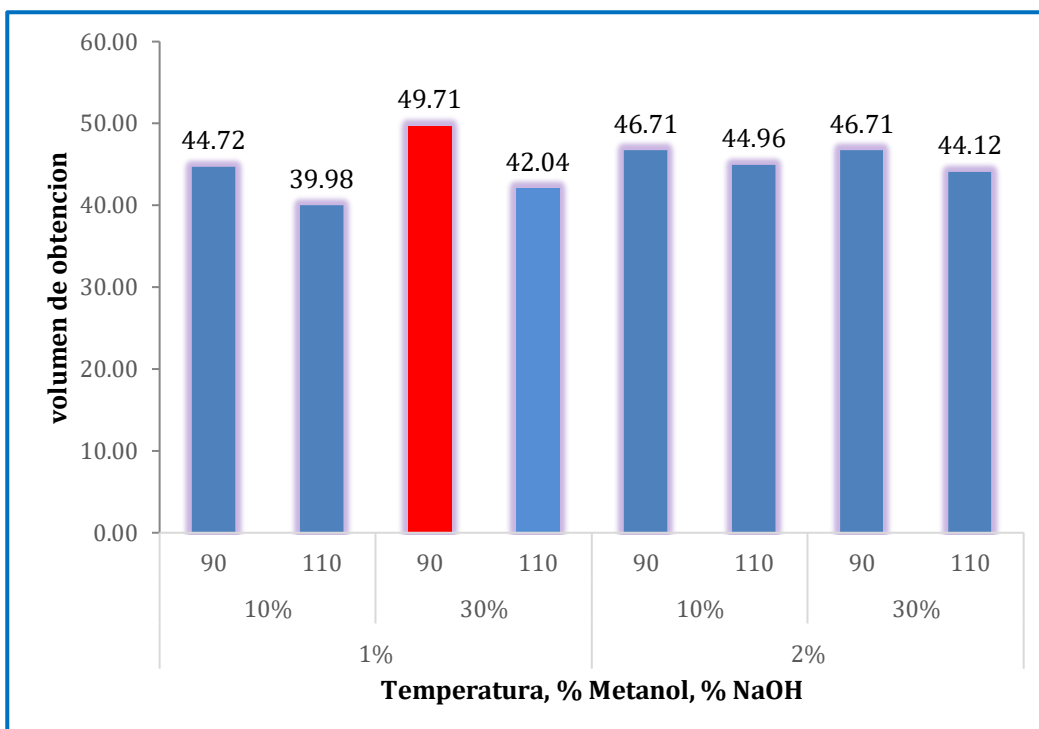


Figura 24. Mejora de procesos de obtención de glicerina

Fuente: Elaboración propia.

(Programa SPSS).

INTERPRETACION:

Realizando un análisis de los parámetros óptimos para la mejora de procesos planteamos que el mejor procedimiento de recuperación del volumen de glicerina es 1% de NaOH, 30% de metanol y una temperatura de 90°C, comprobando así la hipótesis planteada. Respaldándonos en el grafico presentado.

3.2. PROCEDIMIENTO DE BIODIESEL:

Para la elaboración de la obtención de biodiesel se llevó a cabo mediante la reacción llamada Transesterificación, así mismo utilizando metanol y un catalizador como NaOH en una concentración del 1%. En nuestra hipótesis planteamos una relación molar de 10:1 entre el AVR y el catalizador, para cada experimento se utilizó 50 ml de AVR, 15 ml de metanol y 1g de NaOH logrando los siguientes resultados.

3.2.1. GRÁFICOS DE PERFIL DEL PROCESO ÓPTIMO PARA OBTENER BIODIESEL.

Tabla 18. Factores de las variables.

FACTORES INTER-SUJETOS			
Variables		Valor de la Etiqueta	N
NaOH	Mínimo	1%	12
	Máximo	2%	12
Metanol	Mínimo	10%	12
	Máximo	30%	12
Temperatura	Mínimo	90°C	12
	Máximo	110°C	12

Fuente: Elaboración propia. (Programa SPSS).

Tabla 19. Significancia de las variables.

PRUEBAS DE EFECTOS INTER-SUJETOS					
VARIABLE DEPENDIENTE: BIODIESEL					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	187,882 ^a	7	26,840	38,934	,000
Intersección	72951,324	1	72951,324	105820,491	,000
NaOH	13,696	1	13,696	19,866	,000
Metanol	14,431	1	14,431	20,932	,000
Temp	105,044	1	105,044	152,372	,000
NaOH * Metanol	23,345	1	23,345	33,863	,000
NaOH * Temp	24,382	1	24,382	35,367	,000
Metanol * Temp	5,349	1	5,349	7,759	,013
NaOH * Metanol * Temp	1,638	1	1,638	2,376	,043
Error	11,030	16	,689		
Total	73150,237	24			
Total corregido	198,913	23			
a. R al cuadrado = ,945 (R al cuadrado ajustada = ,920)					

Fuente: Elaboración propia. (Programa SPSS).

INTERPRETACIÓN:

Según el modelo planteado de los resultados obtenidos nos dice que la temperatura, el % de metanol y % de NaOH en forma individual y combinados influyen en forma directa con el volumen obtenido de biodiesel porque tienen una significancia menor a 0,05.

3.2.2. COMPROBACION DE LA HIPOTESIS

H0: No hay relación significativa entre la mejora de procesos y la obtención de volumen de biodiesel.

H1: Si hay relación significativa entre la mejora de procesos y la obtención de volumen de biodiesel.

INTERPRETACIÓN:

Según la tabla 21, se interpreta que la significancia es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna que afirma que la mejora de procesos permite establecer los parámetros óptimos de temperatura, porcentajes de CH₃OH y NaOH para optimizar el volumen de obtención de biodiesel en el laboratorio a partir de aceite vegetal reciclado en la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO – ATE 2018, porque se relacionan directamente al proceso.

3.2.3. Análisis de variable % de HIDRÓXIDO DE SODIO (ml)

Tabla 20. Análisis de hidróxido de sodio:

ESTIMACIONES				
VARIABLE DEPENDIENTE: BIODIESEL				
NaOH	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
1%	55,888	,240	55,380	56,396
2%	54,378	,240	53,869	54,886

Fuente: Elaboración propia. (Programa SPSS).

Tabla 21. Análisis por parejas de ensayos NaOH:

COMPARACIONES POR PAREJAS						
VARIABLE DEPENDIENTE: BIODIESEL						
(I) NaOH	(J) NaOH	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
					Límite inferior	Límite superior
1%	2%	1,511*	,339	,000	,792	2,229
2%	1%	-1,511*	,339	,000	-2,229	-,792
Se basa en medias marginales estimadas						
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.						
b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).						

Fuente: Elaboración propia. (Programa SPSS).

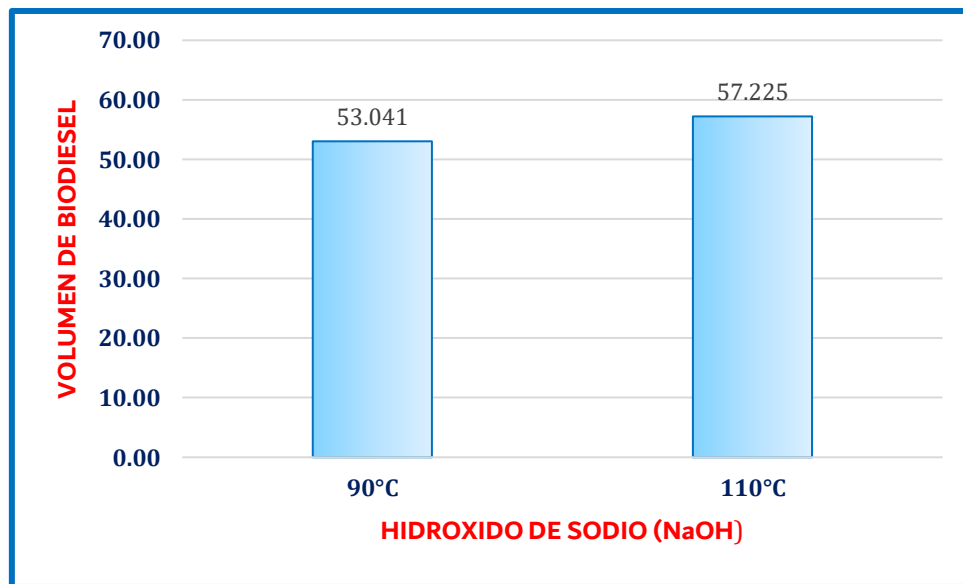


Figura 25. Obtención de Biodiesel respecto a NaOH.

Fuente: Elaboración propia. (Programa SPSS).

INTERPRETACION:

Según la obtención del volumen de biodiesel este cuadro nos infiere que a mayor porcentaje de NaOH la obtención de biodiesel disminuye su producción, es porque se relacionan de forma inversa al proceso, Por ello que se procede a escoger el valor óptimo que es 1% NaOH.

3.2.4. Análisis de variable % de METANOL (ml)

Tabla 22. Análisis de Metanol:

ESTIMACIONES				
VARIABLE DEPENDIENTE: BIODIESEL				
Metanol	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
10%	55,908	,240	55,400	56,416
30%	54,358	,240	53,849	54,866

Fuente: Elaboración propia. (Programa SPSS).

Tabla 23. Análisis por parejas de ensayos Metanol:

COMPARACIONES POR PAREJAS						
VARIABLE DEPENDIENTE: BIODIESEL						
(I) Metanol	(J) Metanol	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
					Límite inferior	Límite superior
10%	30%	1,551*	,339	,000	,832	2,269
30%	10%	-1,551*	,339	,000	-2,269	-,832
Se basa en medias marginales estimadas						
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.						
b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).						

Fuente: Elaboración propia. (Programa SPSS).

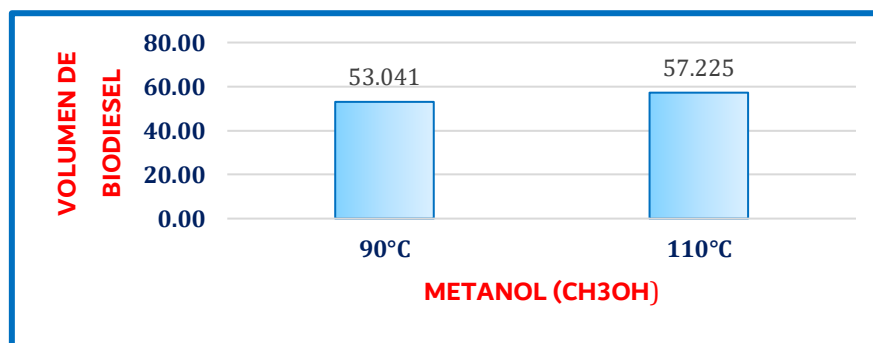


Figura 26. Obtención de Biodiesel respecto a Metanol

Fuente: Elaboración propia. (Programa SPSS).

INTERPRETACION:

Según la obtención del volumen de biodiesel estos cuadros nos infieren que a mayor porcentaje de metanol la obtención de biodiesel disminuye su producción, es porque se relacionan de forma inversa al proceso, Por ello que en contraste con el grafico de glicerina se procede a escoger el valor óptimo que sería 30% de Metanol.

3.2.5. Análisis de la variable TEMPERATURA (°C)

Tabla 24. Análisis de Temperatura:

ESTIMACIONES				
VARIABLE DEPENDIENTE: BIODIESEL				
Temperatura	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
90°C	53,041	,240	52,533	53,549
110°C	57,225	,240	56,717	57,733

Fuente: Elaboración propia. (Programa SPSS).

Tabla 25. Análisis por parejas de ensayos Temperatura:

COMPARACIONES POR PAREJAS						
VARIABLE DEPENDIENTE: BIODIESEL						
(I) Temperatura	(J) Temperatura	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
					Límite inferior	Límite superior
90°C	110°C	-4,184*	,339	,000	-4,903	-3,466
110°C	90°C	4,184*	,339	,000	3,466	4,903
Se basa en medias marginales estimadas						
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.						
b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).						

Fuente: Elaboración propia. (Programa SPSS).

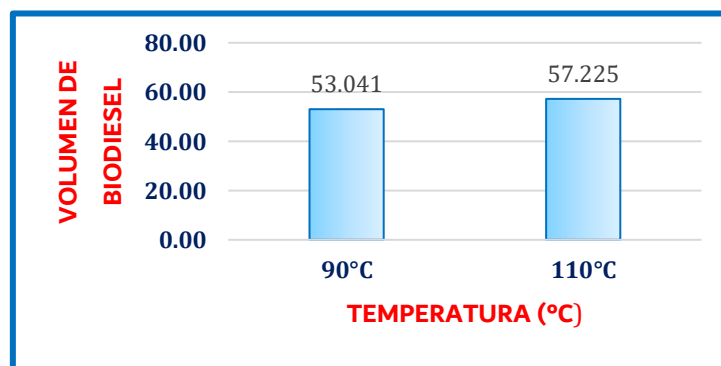


Figura 27. Obtención de Biodiesel respecto a Temperatura

Fuente: Elaboración propia. (Programa SPSS).

INTERPRETACION:

Según la obtención del volumen del biodiesel estos cuadros nos infieren que a mayor temperatura la obtención de biodiesel aumenta, entonces tienen una relación directa con la producción, es por eso que se contrasta con la obtención de glicerina y se procede a escoger el valor óptimo que sería 90°C.

Tabla 26. Análisis de las tres variables:

NaOH * Metanol * Temperatura						
VARIABLE DEPENDIENTE: BIODIESEL						
NaOH	Metanol	Temp	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1%	10%	90°C	55,283	,479	54,267	56,300
		110°C	60,017	,479	59,000	61,033
	30%	90°C	50,293	,479	49,277	51,310
		110°C	57,960	,479	56,944	58,976
2%	10%	90°C	53,293	,479	52,277	54,310
		110°C	55,040	,479	54,024	56,056
	30%	90°C	53,293	,479	52,277	54,310
		110°C	55,883	,479	54,867	56,900

Fuente: Elaboración propia. (Programa SPSS).

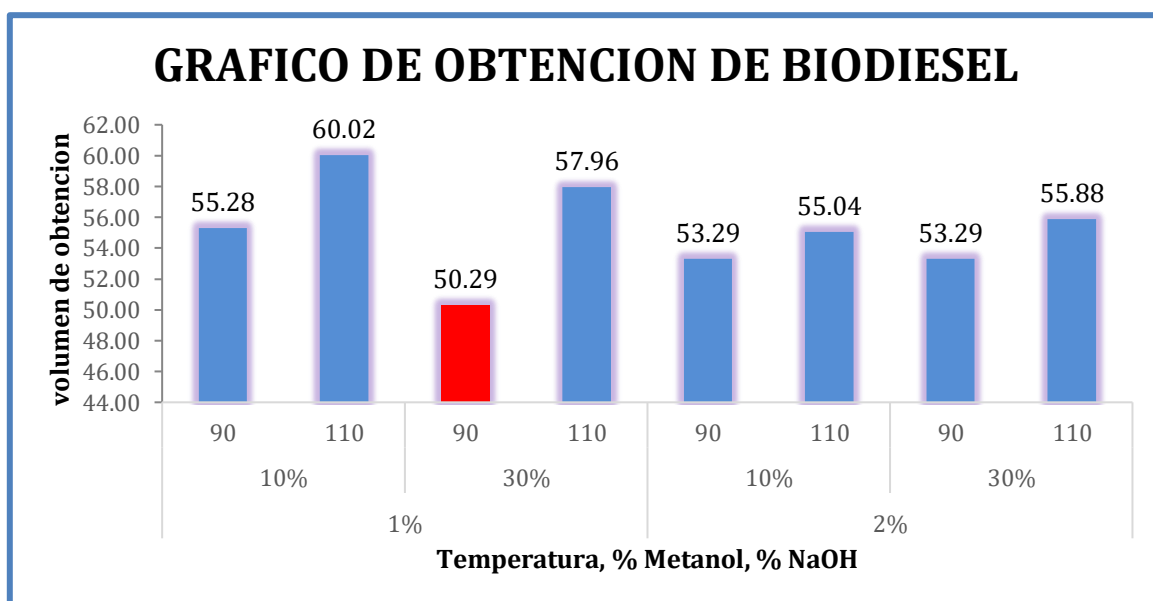


Figura 28. Análisis de dispersión versus el % de volumen del biodiesel

Fuente: Elaboración propia. (Programa SPSS).

INTERPRETACION:

Realizando un análisis de los parámetros óptimos para la mejora de procesos planteamos que el mejor procedimiento de recuperación del volumen de glicerina es 1% de NaOH, 30% de metanol y una temperatura de 90°C, comprobando así la hipótesis planteada. Respaldándonos en el grafico presentado. Apoyándonos en nuestro indicador de volúmenes de obtención.

IV. DISCUSIÓN

Obteniendo los siguientes resultados en nuestra investigación, convirtiéndolos en porcentajes nuestros volúmenes, nos centramos que se encuentra un porcentajes de logro entre los intervalos de 70 a 80 % en contraste con las referencias citadas, sintetizando una obtención de productos después del proceso de obtención de la glicerina y biodiesel, esto se logra por el mejoramiento del proceso para este sistema, tanto en precio de los insumos que se reduce en un 50% por usar como catalizador (NaOH) hidróxido de sodio que es más barato en el mercado, pero nos brinda los mismos reactivos para que reaccione el compuesto, y excluyendo otros valores por consentimiento del autor.

La densidad obtenido del ensayo inicial es $0,95 \text{ g/cm}^3$ esto lo respaldamos con la investigación de Galeano (2011)), que obtuvo $0,9342 \text{ g/cm}^3$, por ello los esencial de validar valores simultáneos para afirmar que estamos dentro de los parámetros. El promedio del índice de acidez del AVR obtenido en este trabajo es $1,3 \text{ NaOH/g}$ según calculo, el porcentaje de los ácidos grasos libres son 0.035 por ende es inferior a 5%, esto nos definió el procedimiento a desarrollar según (bull, 2014, p.33). Pannerselvam et. al. (2011) sintetizo un logro de 1.65 mg de NaOH/g de acidez, contrastando el valor obtenido con la literatura revisada, ponemos como aseveración que los valores obtenidos son inferior al 5% de AGL.

Del mismo modo el catalizar que hizo reacción este compuesto es NaOH, realizando una agitación mecánica de por 30 minutos por proceso. Perfilándome bajo la normativa d calidad la densidad promedio que se obtuvo es de 0.8794 g/ml , este resultado se encuentra dentro de los parámetros de la norma STM D1298 ($0.860 - 0.900 \text{ G/ML}$). Bajo el mismo enfoque el investigador Pannerselvam et. al. (2011) obtuvo como resultado 0.8700 g/ml . En forma paralela la glicerina se obtuvo una densidad de 0.864 g/ml dentro del parámetro de la solución obtenida. Promediando el valor obtenido del índice de acidez fue 0.4309 mgNaOH/g , el valor se encuentra dentro del rango de la norma ASTM D664 (0.5 mgNaOH/g máx.) un valor similar obtuvo Sankar, S. (2016) de 0.42 mgNaOH/g . de igual forma que la glicerina.

Bajo la norma ASTM D2709 el volumen obtenido fue $50,29 \text{ ml}$ de biodiesel y $49,71 \text{ ml}$ de glicerina bajo la norma AST D6584. En forma similar que Godínez, J. (2013) en su investigación.

V. CONCLUSIONES

El logro de la reacción se obtiene bajo los porcentajes de conversión que nos evidencia la recuperación del aceite para luego convertirse en biodiesel. En este proceso la reacción fue sometida a los siguientes parámetros 180 minutos, usando como catalizador NaOH en un porcentaje de 1% y al metanol en un porcentaje de 30%, donde se obtuvo una recuperación de 50,29% del volumen en conversión de biodiesel, y en forma paralela, cuando la reacción fue sometida para obtener glicerina, se usaron los parámetros simultáneos a los antes mencionados obteniendo en recuperación de un porcentaje de 49,71% de glicerina.

En los análisis que se realizaron al biodiésel obtenida, mejorando el proceso, se obtuvo como resultado que necesita el 1% de NaOH, el 30% de metanol y 90°C de temperatura para obtener los siguientes resultados densidad. 879,4 Kg/m³, índice de ácidos 0.4309 mg NaOH/g y viscosidad 2,52cp y en cuanto al tiempo que requiere el proceso para la reacción es de 180 minutos, los parámetros antes mencionados encajan dentro de los valores de la norma internacional ASTM D1298, ASTM D2709, ASTM D664.

Por ello se concluye que se pudo demostrar Cómo la Mejora de Procesos optimiza el volumen de obtención de glicerina en laboratorio a partir de aceite vegetal reciclado en la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO – ATE 2018. Obteniendo porcentajes del 49% de recuperación por el lado de la glicerina.

Llevando un proceso idóneo de porcentajes de metanol, hidróxido de sodio y temperatura se Demostró Cómo la Mejora de Procesos optimiza el volumen de obtención de Biodiesel en laboratorio a partir de aceite vegetal reciclado en la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO – ATE 2018. Obteniendo porcentajes del 51% de recuperación por el lado del biodiésel

VI. RECOMENDACIONES

1. Escalar el proyecto al sector industrial ya que los biocombustibles son el futuro para la excesiva contaminación de los combustibles derivados del petróleo.
2. Estudiar productos alteños para la producción de biodiesel en la selva del Perú para generar nuevos puestos de trabajo con inversión nacional.
3. Realizar el rectificado después de la saponificación para elevar el precio de la glicerina en el mercado.
4. Aprovechar la glicerina para el cuidado de la piel y suplementos para el cuerpo, no obstante también aprovechar el biodiesel para las municipalidades.
5. Aprovechar la glicerina que se obtiene como subproducto durante la obtención del biodiesel, como por ejemplo en la elaboración de jabón.

VII. REFERENCIAS

A process model to estimate biodiesel production costs. [s.l.] : Bioresource Technology. 671-678 por HAAS, M. [et al]. 97(4), 2006.

Acid-catalyzed production of biodiesel from waste frying oil. [s.l]: Biomass and Bioenergy 0961-9534 por **ZHENG, S.** [*et al*]. [China], Vol. 30 N°3. 267-272, 2006.

AGUIRRE, O. y RODRÍGUEZ, O. Estudio de reacciones catalíticas importantes en la producción de biodiésel. México. : UNAM. D.F., 2009.

ALVA, Manuel y CIPRA, Pedro. Estudio comparativo de los biodiésel, obtenidos a partir del metanol y etanol y su adaptación a escala piloto. Trujillo : Biblioteca de Ingeniería Química, 2015.

ARÉVALO, Marco y TORRES, Víctor. Obtención de jabón líquido usando aceite vegetal reciclado en la universidad Nacional de la Amazonia peruana - Iquitos. Iquitos : Universidad Nacional de la Amazonia, 2016.

BILLAUD, F. y ARCHAMBAULT, D. Non alimentary rapeseed oil upgrading: a parametric study of methyl oleate pyrolysis: Industrial Crops and Products. [s.l.] : Industrial Crops and Products. 329-334, 1998.

BRUINSMA, Baukje. Producción de biodiésel de palma aceitera y jatropha en la amazona del Perú y el impacto para la sostenibilidad. Amazonas : Holanda y CONVEAGRO - Perú, 2009.

CASTELLADO, Jose y GUEVARA, Enrique. Ingeniería Básica de una planta de biodiésel a partir de una mezcla de aceites comestibles vegetales de desecho para el transporte de la ciudad de México. D.F. México: UNAM-Dirección General de Bibliotecas, 2014.

CASTRO, P. *et al.* Opciones para la producción de biodiésel a pequeña escala en el Perú [En línea]. Universidad la Molina. concytec, 2004 [fecha de consulta: 03 de octubre de 2017]. Disponible en: http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/bioenergia/ITDG/Presentacion_Biodiesel2.pdf.

CEN. Comité Europeo de Estandarización y Especificaciones Técnicas. Europa : [s.n.], 2009.

CONAM. Comunicación Nacional del Perú a la Convención de Naciones Unidas sobre cambio climático. Lima : Primera Comunicación, 2001.

CONCEPTODEFINICION.DE. Concepto Definición. [En línea] 23 de Setiembre de 2016. [fecha de consulta: 03 de Octubre de 2017.] Disponible en: <http://conceptodefinicion.de/ph/>.

DEMIRBAS, A. Biodiesel from vegetable oils via transesterification in supercritical methanol. [s.l.] : Energy Conversion and Management. 43(17):2349-2356, 2006.

DEMIRBAS, Ayhan. Energy Policy: Importance of biodiesel as transportation fuel. [s.n.]. Vol. 35. 4661–4670, 2007

DEMIRBAS, A. Progress and recent trends in biodiesel fuels. [s.l.] : Energy Conversion and Management. 50(1):14-34, 2009.

EcuRed. EcuRed. [En línea]. [fecha de consulta: 03 de Octubre de 2017.] Disponible en: https://www.ecured.cu/Hidr%C3%B3xido_de_Potasio, 2016.

ENERGY Conversion and Management. [s.l.] Preparation of biodiesel from waste cooking oil via two - step catalyzed process, 184-188 por **WANG, Y. [*et al*]** [china]. 48(1), 2007.

FREDRICKSON, Donald y GORDON, Robert. Physiological reviews: Transport of fattyacid. [s.n.] 4.^a ed. Vol. 38. 1958.

Gestión del aceite doméstico usado. [En línea] **Larioja.org**. 2016 [fecha de consulta: 07 de Octubre de 2017]. Disponible en: <http://www.larioja.org/medioambiente/es/residuos/residuos-gestion-especial/aceite-usado-domestico/gestion/gestion-aceite-domestico-usado>.

GODINEZ, Juan. Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de biodiésel a base de aceites usados en lima. Tesis (Ingeniero Químico). Lima : Universidad Católica del Perú, 2013.

INEL. Crecimiento del sector de restaurantes del Perú. Restaurantes. 10 de Octubre de 2017.

ITDG. Energía sostenible para la reducción de la pobreza: un plan de acción. Londres : ITDG y Greenpeace Internacional, 2004.

KEY fuel properties of palm oil alkyl esters. [s.l.]: Fuel 1717-1720 por **CHENG, S. [et al]**. [China], 84(12-13), 2005.

KOMERS, K., MACHEK, J. y STLOUKAL, R. Biodiesel from rapeseed oil and KOH. Composition of solution of KOH in methanol as reaction partner of oil. [s.l.] : Europa Journal Lipid Science Technology. 103:359–62, 2001.

KUSDIANA, D. y SAKA, S. Kinetics of transesterification in rapeseed oil to biodiesel fuels as treated in supercritical methanol. [s.l.] : Fuel, 80(5):693–698, 2001

LEÓN, Juan. Aceite quemado en Lima, un veneno para el mar y la salud [En línea]. *El Comercio*. Editrial el Comercio, 2017. [fecha de consulta: 09 de setiembre de 2017.] Disponible en: <http://elcomercio.pe/lima/sucesos/aceite-quemado-lima-veneno-mar-salud-noticia-449945>.

MÉNDEZ, Ángeles. La Guía. Química. [En línea] 13 de Diciembre de 2010. [fecha de consulta: 15 de noviembre de 2017.] Disponible en: <https://quimica.laguia2000.com/quimica-organica/metanol>.

METHYL ester peanut seed oil as a potencial feedstock for biodiésel production. [s.l.]: Renewable Energy 1257–1260 por **CANAN, K. [et al]**. 34(5), 2008.

NBB. Specification for biodiesel B(100) ASTM D6751-08. Fuel fact sheets. Washington, DC, EEUU: National Biodiesel Board, 2007.

OMS. Organismo Mundial de la Salud. Desarrollo Sostenible. Febrero de 2017.

PLASCENCIA, Marco. Estudio de factibilidad para el uso de biodiésel en el transporte

interno de la ciudad universitaria a partir de aceites comestibles de desecho. D.F Mexico : UNAM-Dirección General de Bibliotecas, 2010.

PNUD, UNDESA y WEC. World Energy Assessment Overview. New York : Update, 2004. pág. 85.

POSADA, John y CARDONA Alzate. Análisis de la refinación de glicerina obtenida como coproducto en la producción de biodiésel. Bogotá, COLOMBIA, 2010.

RAE. Real Academia Española. [En línea] 2014. [fecha de consulta: 03 de Octubre de 2017.] Disponible en: <http://dle.rae.es/?id=ZQ9rRqa>.

RAMADHAS, A., JAYARAJ, S. y MURALEEDHARAM, C. Biodiesel production from high FFA rubber seed oil. [s.l.] : Fuel, [Alemania], 84(4):335–340, 2005.

RECOVERY and conversion of palm olein derived used frying oil to methyl esters for biodiesel. [s.l.] Journal Oil Palm Research, 247-252 por **LOH, S. [et al].** [China] 18, 2006.

RINTOUL, S. Análisis de biodiésel: de la materia prima al combustible. México : ANIAME. D.F., 2008.

SEDAPAL. Servicio de agua potable y alcantarillado de lima. Agua potable. 15 de Enero de 2017.

SONNTAG, N. 1979. Reactions of fats and fatty acids. [ed.] Swern D. New York : Bailey's industrial oil and fat products, 1979. pág. 99.

The National Biodiesel Board. Biocombustibles. [En línea] 2010. [fecha de consulta: 10 de octubre 2017]. Disponible en: <http://biodiesel.org/docs/default-source/ffs-basics/biodiesel-industry-and-technical-overview.pdf?sfvrsn=20>.

Vida Sana. Pierde peso en casa. [En línea] 2017. [fecha de consulta: 17 de Octubre de 2017.] Disponible en: <http://pierdepesoencasa.com/que-es-la-glicerina-y-para-que-sirve/>.

West, A., Posarac, D. y Ellis, N. Assessment of four biodiesel production processes using HYSYS.Plant. [s.l.]: Bioresource Technology, 99(14): 6587– 6601, 2003.

YAGIZ, F., KAZAN, D. y AKIN, A. Biodiesel production from waste oils by using lipase immobilized on hydrotalcite and zeolites. [s.l.]: Chemical Engineering Journal 262-267, [Alemania], 2007.

ANEXO

Anexo A. resultados de la matriz de diseño experimental.

CUADRO DE EXPERIMENTOS							
Columna1	Exp	Bloque	% NaOH	% Metanol	T °C	Glicerina	Biodiesel
A	1	1	1	10	90	44.35%	55.65%
A	2	1	2	10	90	46.28%	53.72%
A	3	1	1	30	90	49.55%	50.45%
A	4	1	2	30	90	45.55%	54.45%
A	5	1	1	10	110	39.98%	60.02%
A	6	1	2	10	110	44.95%	55.05%
A	7	1	1	30	110	42.01%	57.99%
A	8	1	2	30	110	44.05%	55.95%
B	9	2	1	10	90	43.45%	56.55%
B	10	2	2	10	90	45.56%	54.44%
B	11	2	1	30	90	49.75%	50.25%
B	12	2	2	30	90	46.75%	53.25%
B	13	2	1	10	110	39.99%	60.01%
B	14	2	2	10	110	44.98%	55.02%
B	15	2	1	30	110	42.10%	57.90%
B	16	2	2	30	110	44.25%	55.75%
C	17	3	1	10	90	46.35%	53.65%
C	18	3	2	10	90	48.28%	51.72%
C	19	3	1	30	90	49.82%	50.18%
C	20	3	2	30	90	47.82%	52.18%
C	21	3	1	10	110	39.98%	60.02%
C	22	3	2	10	110	44.95%	55.05%
C	23	3	1	30	110	42.01%	57.99%
C	24	3	2	30	110	44.05%	55.95%

Anexo B: Normativa de los parámetros.

- **ASTM D1298: Normativa de densidad**

Link: <https://www.astm.org/standards/D1298-SP.htm>

- **ASTM D664: Normativa de índice de acidez**

Link: <https://www.astm.org/standards/D664-SP.htm>

- **ASTM D2709: Normativa para volúmenes de biodiesel**

Link: <https://www.astm.org/standards/D2709-SP.htm>

- **ASTM D6584: Normativa para volúmenes de glicerina**

Link: <https://www.astm.org/standards/D6584-SP.htm>

Anexo C: análisis para la selección de reactivos.

La selección de los reactivos para el proceso de Transesterificación se dio de la siguiente manera.

En el caso del ácido que se revisó en los antecedentes, es el ácido oleico, para el cálculo del peso molecular es de una trioleína.

$$\text{Trioleína} = 885,51 \text{ g/mol}$$

METANOL

$$M \text{ Grasa} = 100 \text{ g} / (885,51 \text{ g/mol}) = 0,112929 \text{ mol}$$

$$n \text{ Metanol} = 6 \times 0,112929 \text{ mol} = 0,6775 \text{ mol}$$

$$m \text{ Metanol} = n \text{ Metanol} \times m \text{ Metanol} = 0,6775 \text{ mol} \times 32,04 \text{ g/mol} = 21,709523 \text{ g}$$

$$V \text{ metanol} = (m \text{ Metanol}) / (\Phi \text{ metanol}) = 21,709523 \text{ g} / (0.79 \text{ g/ml}) = 17,150523 \text{ ml}$$

HIDRÓXIDO DE SODIO

$$1\% \text{ (p/p)} = 0.01 \times 100 \text{ g} = 1 \text{ g}$$

TEMPERATURA

Según los antecedentes para un análisis a presión atmosférica escogimos los parámetros. 90°C ó 110°C.

Anexo D: ficha de evaluación

TITULO								
FORMATO DE DESARROLLO								
NOMBRE Y APELLIDO								
FACULTAD								
LABORATORIO								
E_MAIL								
			EVALUACION DE CALIDAD DE BIODIESEL			EVALUACION DE CALIDAD DE GLICERINA		
ANALISIS N°1	REPETICION		DENSIDAD	INDICE DE ACIDEZ	VOLUMEN	DENSIDAD	INDICE DE ACIDEZ	VOLUMEN
ACEITE REICLADO	1	Promedio N° 1						
	2							
	3							
	4							
	5	Promedio N° 2						
	6							
	7							
	8							
	9	Promedio N° 3						
	10							
	11							
	12							
	13	Promedio N° 4						
	14							
	15							
	16							
	17	Promedio N° 5						
	18							
	19							
	20							
	21	Promedio N° 6						
	22							
	23							
	24							

ANEXO E: CUADRO DE DISPERSIÓN DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA OBTENER GLICERINA

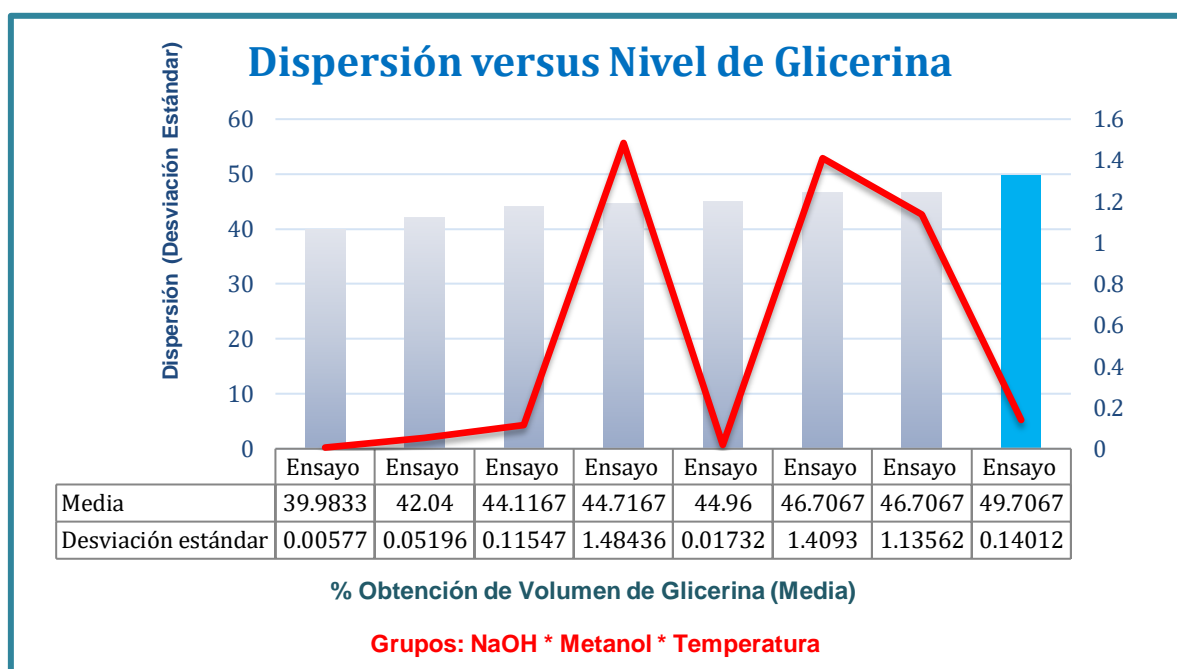


Figura 29. Análisis de Dispersión versus el % de volumen de la Glicerina

Fuente: Elaboración propia. (Programa SPSS).

Tabla 12. Prueba de Igualdad para glicerina.

PRUEBA DE IGUALDAD DE LEVENE DE VARIANZAS DE ERROR ^A			
VARIABLE DEPENDIENTE: GLICERINA			
F	df1	df2	Sig.
4,871	7	16	,004
Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.			
a. Diseño : Intersección + NaOH + Metanol + Temperatura + NaOH * Metanol + NaOH * Temperatura + Metanol * Temperatura + NaOH * Metanol * Temperatura			

Fuente: Elaboración propia. (Programa SPSS).

Tabla 27. Optimización de procesos.

MEJORA DE MÉTODO PARA OBTENER GLICERINA					
NaOH	Metanol	Temp	Media	Desviación estándar	N
1%	10%	90	44,7167	1,48436	3
		110	39,9833	,00577	3
		Total	42,3500	2,75730	6
	30%	90	49,7067	,14012	3
		110	42,0400	,05196	3
		Total	45,8733	4,20027	6
	Total	90	47,2117	2,89123	6
		110	41,0117	1,12697	6
		Total	44,1117	3,85494	12
2%	10%	90	46,7067	1,40930	3
		110	44,9600	,01732	3
		Total	45,8333	1,30760	6
	30%	90	46,7067	1,13562	3
		110	44,1167	,11547	3
		Total	45,4117	1,59173	6
	Total	90	46,7067	1,14469	6
		110	44,5383	,46778	6
		Total	45,6225	1,40618	12
Total	10%	90	45,7117	1,69228	6
		110	42,4717	2,72586	6
		Total	44,0917	2,74629	12
	30%	90	48,2067	1,79547	6
		110	43,0783	1,14025	6
		Total	45,6425	3,03792	12
	Total	90	46,9592	2,11301	12
		110	42,7750	2,01712	12
		Total	44,8671	2,94081	24

Fuente. Elaboración propia (Programa SPSS).

ANEXO F: CUADRO DE DISPERSIÓN DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA OBTENER BIODIESEL

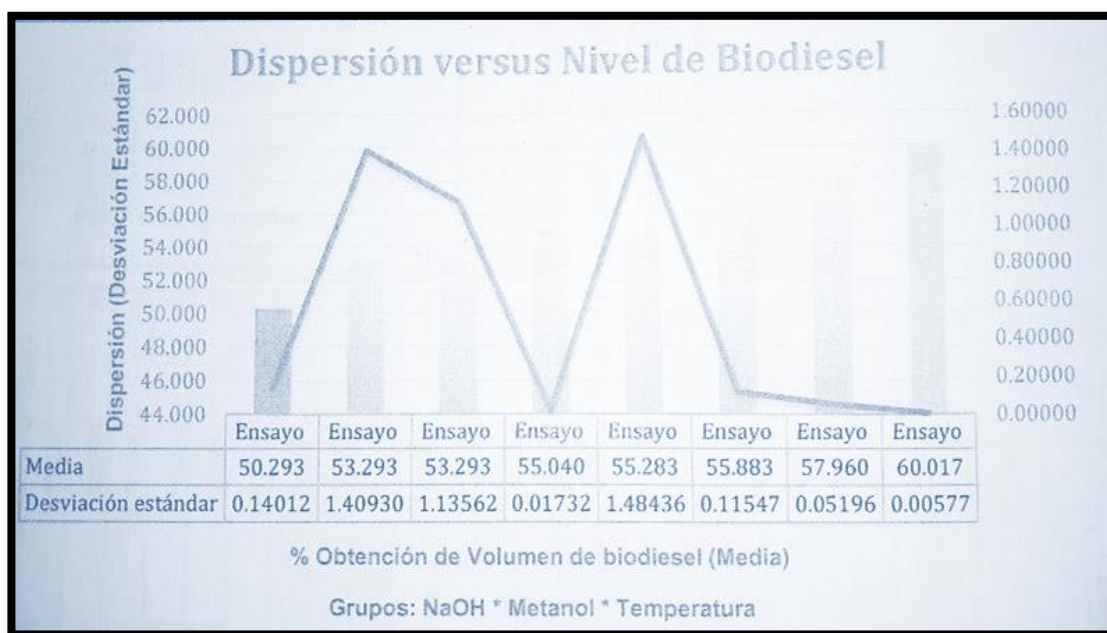


Figura 30. Análisis de dispersión versus el % de volumen del biodiesel

Fuente: Elaboración propia. (Programa SPSS).

Tabla 28. Prueba de igualdad para biodiesel

PRUEBA DE IGUALDAD DE LEVENE DE VARIANZAS DE ERROR ^A			
VARIABLE DEPENDIENTE: GLICERINA			
F	df1	df2	Sig.
4,871	7	16	,004
Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.			
a. Diseño : Intersección + NaOH + Metanol + Temperatura + NaOH * Metanol + NaOH * Temperatura + Metanol * Temperatura + NaOH * Metanol * Temperatura			

Tabla 29. Optimización de procesos

MEJORA DE MÉTODO PARA OBTENER BIODIESEL					
NaOH	Metanol	Temp	Media	Desviación estándar	N
1	10	90	55,2833	1,48436	3
		110	60,0167	,00577	3
		Total	57,6500	2,75730	6
	30	90	50,2933	,14012	3
		110	57,9600	,05196	3
		Total	54,1267	4,20027	6
	Total	90	52,7883	2,89123	6
		110	58,9883	1,12697	6
		Total	55,8883	3,85494	12
2	10	90	53,2933	1,40930	3
		110	55,0400	,01732	3
		Total	54,1667	1,30760	6
	30	90	53,2933	1,13562	3
		110	55,6933	,11547	3
		Total	54,5083	1,59173	6
	Total	90	53,2933	1,14469	6
		110	55,4617	,46778	6
		Total	54,3775	1,40618	12
Total	10	90	54,2883	1,69228	6
		110	57,5283	2,72586	6
		Total	55,9083	2,74629	12
	30	90	51,7933	1,79547	6
		110	56,9217	1,14025	6
		Total	54,3575	3,03792	12
	Total	90	53,0408	2,11301	12
		110	57,2250	2,01712	12
		Total	55,1329	2,94081	24

Fuente: Elaboración propia. (Programa SPSS).

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02
		Versión : 09
		Fecha : 23-03-2018
		Página : 1 de 1

Yo, Carlo Francisco Albino Jimenez
 docente de la Facultad **Ingeniería** y Escuela Profesional
Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo Lima (precisar filial o
 sede), revisor (a) de la tesis titulada.

"Mejora de Procesos para optimizar los volúmenes de obtención de glicerina y
 biodiesel en laboratorio a partir de aceite vegetal reciclado, en la UNIVERSIDAD
 CÉSAR VALLEJO – ATE, 2018", del (de la) estudiante **Marco Gerald Osorio Meniz**,
 constato que la investigación tiene un índice de similitud de 23% verificable en el
 reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las
 coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la
 tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas
 por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha: Lima 23 de julio de 2018



Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente
Carlo Francisco Albino Jimenez

DNI: 72973751

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	--------	---------------------------------

Feedback Studio - Google Chrome

https://ev.turnitin.com/app/carta/en_us/?o=1048568722&student_user=1&u=1075131485&lang=en_us&s=1

feedback studio marco osorio tesis de publicacion -- /0 ?



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“Mejora de Procesos para optimizar los volúmenes de obtención de glicerina y biodiesel en laboratorio a partir de aceite vegetal reciclado, en la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO – ATE, 2018”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR 



Match Overview

22%

1	repositorio.ucv.edu.pe Internet Source	6% >
2	pierdepesoencasa.com Internet Source	2% >
3	Submitted to Universid... Student Paper	2% >
4	esdocs.com Internet Source	2% >
5	gestoresderesiduos.org Internet Source	1% >
6	repo.uta.edu.ec Internet Source	1% >
7	repositorio.unas.edu.pe Internet Source	1% >
8	repositorio.unapiquitos...	1% >

Scan Turnitin - Google... CC4 ControlCenter4 W Documental - W... ES 01:09 12/12/2018



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS
EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

Yo Marco Gerald Osorio Meníz, identificado con DNI N° 71032501, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo, autorizo (X) . No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado **"Mejora de Procesos para optimizar los volúmenes de obtención de glicerina y biodiesel en laboratorio a partir de aceite vegetal reciclado, en la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO - ATE, 2018"**; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....


FIRMA

DNI: 71032501

FECHA: 03 de diciembre del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	--------	---------------------------------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE LA INVESTIGACIÓN DE:

Programa de estudios de ingeniería industrial

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PRESENTA:

Osorio Meníz, Marco Gerald

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

MEJORA DE PROCESOS PARA OPTIMIZAR LOS VOLÚMENES DE OBTENCIÓN DE GLICERINA Y BIODIESEL EN LABORATORIO A PARTIR DE ACEITE VEGETAL RECICLADO, EN LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO – ATE, 2018

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero industrial

SUSTENTADO EN FECHA: 23 de julio de 2018

NOTA O MENCIÓN: APROBADO POR MAYORIA



[Handwritten signature]

ALDORADO SANCHEZ CARLOS FRANCISCO

NOMBRE Y FIRMA DEL ENCARGADO DE LA INVESTIGACIÓN